

# POLLUANTS DÉPASSANT LES NORMES DE QUALITÉ DE L'AIR DE FAÇON RÉCURRENTÉ

## Particules PM<sub>10</sub> et PM<sub>2.5</sub>

Les particules sont constituées d'un mélange de différents composés chimiques et de différentes tailles. Une distinction est faite entre les particules PM<sub>10</sub>, de diamètre inférieur à 10 µm, et les PM<sub>2.5</sub>, de diamètre inférieur à 2.5 µm. Les particules PM<sub>10</sub> sont majoritairement formées de particules PM<sub>2.5</sub> : en moyenne annuelle, les PM<sub>2.5</sub> représentent environ 60 à 70 % des PM<sub>10</sub>.



Les sources de particules sont multiples.

Il existe d'une part des rejets directs dans l'atmosphère (particules primaires). Les sources majoritaires de particules primaires sont le secteur résidentiel et tertiaire (notamment le chauffage au bois), le trafic routier, les chantiers et carrières, ainsi que l'agriculture. Elles peuvent également être d'origine naturelle (érosion des sols).

La contribution du secteur résidentiel et tertiaire aux émissions de PM<sub>2.5</sub> est plus importante que pour les PM<sub>10</sub>. À l'inverse, la contribution de l'agriculture et des chantiers aux émissions de PM<sub>2.5</sub> est plus faible. Cela s'explique par la nature des phénomènes prépondérants dans la formation des particules. Les particules PM<sub>2.5</sub> sont majoritairement formées par des phénomènes de combustion (secteurs résidentiel et tertiaire, trafic routier). Les activités mécaniques, telles que le secteur agricole (labours, moissons et phénomènes d'abrasion par les engins agricoles) et les chantiers favorisent la formation de particules de taille plus importante (PM<sub>10</sub>) [Airparif, 2012].

Les sources de particules sont également indirectes : transformations chimiques de polluants gazeux (NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub>, NH<sub>3</sub>, COV,...) qui réagissent entre eux pour former des particules secondaires ou encore la remise en suspension des poussières déposées au sol.



**Effets sur la santé :**

Aux concentrations auxquelles sont exposées la plupart des populations urbaines et rurales des pays développés et en développement, les particules ont des effets nuisibles sur la santé. L'exposition chronique contribue à augmenter le risque de contracter des maladies cardiovasculaires et respiratoires, ainsi que des cancers pulmonaires [OMS, 2011]. Les particules fines peuvent véhiculer des substances toxiques capables de passer la barrière air/sang au niveau des alvéoles pulmonaires [ORS, 2007].

Des études récentes montrent sur le long terme des associations entre concentrations de particules et mortalité à des niveaux bien en dessous du niveau de recommandation annuel de l'OMS (fixé à 10 µg/m<sup>3</sup> en PM<sub>2.5</sub>) [OMS, 2013]. De plus, plusieurs études se sont intéressées à l'effet de seuil et à la relation dose-réponse aux PM<sub>2.5</sub>. Les données indiquent clairement l'absence d'un seuil en dessous duquel personne ne serait affecté.

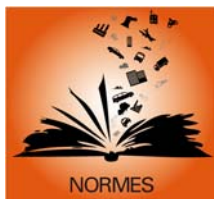
Par ailleurs, les échappements des moteurs diesel sont classés cancérigènes certains pour l'homme par l'OMS depuis juin 2012, sur la base d'indications suffisantes prouvant qu'une telle exposition est associée à un risque accru de cancers du poumon. Les échappements des moteurs essence sont quant à eux classés cancérigènes possibles pour l'homme [OMS/IARC, 2013].



**Effets sur l'environnement :**

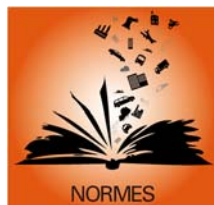
Les effets de salissure et de dégradation des bâtiments et des monuments sont les atteintes à l'environnement les plus évidentes.

Les particules ont un impact direct sur le climat par absorption/diffusion du rayonnement solaire et un effet indirect par leur rôle dans la formation des nuages.



### Particules PM<sub>10</sub>

Valeur limite annuelle	Protection de la santé humaine	40 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle civile
Valeur limite journalière	Protection de la santé humaine	50 µg/m <sup>3</sup> en moyenne jour, à ne pas dépasser plus de 35 fois par an
Objectif de qualité	Protection de la santé humaine	30 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle civile



### Particules PM<sub>2.5</sub>

Valeur limite annuelle	Protection de la santé humaine	25 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle civile
Valeur cible européenne		
Valeur cible française	Protection de la santé humaine	20 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle civile
Objectif de qualité	Protection de la santé humaine	10 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle civile



1999 - 2016	2007 - 2016
↘	↘

PM <sub>10</sub>	Normes à respecter		Norme à respecter dans la mesure du possible
	Valeur limite annuelle	Valeur limite journalière	Objectif de qualité
	Dépassée	Dépassée	Dépassé

PM <sub>2.5</sub>	Normes à respecter	Normes à respecter dans la mesure du possible	
	Valeur limite annuelle	Valeur cible	Objectif de qualité
	Respectée	Dépassée	Dépassé

## Dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>)



Le dioxyde d'azote, qui fait partie des oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>), est un polluant indicateur des activités de combustion, notamment du trafic routier. Il est en effet directement émis par les sources motorisées de transport (émission directe ou « *primaire* ») et dans une moindre mesure par le chauffage résidentiel. Il est également produit dans l'atmosphère à partir des émissions de monoxyde d'azote (NO), sous l'effet de leur transformation chimique en NO<sub>2</sub> (polluant « *secondaire* »). Les processus de formation du NO<sub>2</sub> sont étroitement liés à la présence d'ozone (O<sub>3</sub>) dans l'air :  $NO + O_3 \rightarrow NO_2 + O_2$

À la différence du NO<sub>2</sub>, le monoxyde d'azote (NO) n'est pas considéré comme un polluant dangereux pour la santé.



### Effets sur la santé :

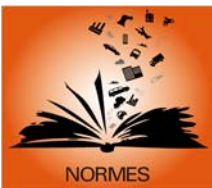
Les études épidémiologiques ont montré que les symptômes bronchitiques chez l'enfant asthmatique augmentent avec une exposition de longue durée au NO<sub>2</sub>. Une diminution de la fonction pulmonaire est également associée aux concentrations actuellement mesurées dans les villes d'Europe et d'Amérique du Nord.

À des concentrations dépassant 200 µg/m<sup>3</sup>, sur de courtes durées, c'est un gaz toxique entraînant une inflammation importante des voies respiratoires [OMS, 2011].

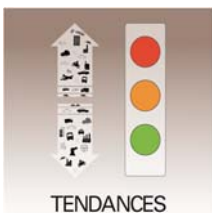


### Effets sur l'environnement :

- Contribution au phénomène des pluies acides, qui appauvrissent les milieux naturels (sols et végétaux)
- Contribution à la formation de l'ozone



Valeur limite annuelle Objectif de qualité	Protection de la santé humaine	40 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle civile
Valeur limite horaire	Protection de la santé humaine	200 µg/m <sup>3</sup> moyenne horaire, à ne pas dépasser plus de 18 fois par année civile



Tendances		Normes à respecter	
1996-2016	2007-2016	Valeur limite annuelle	Valeur limite horaire
↓	↓	<b>Dépassée</b>	<b>Dépassée</b>

# Ozone (O<sub>3</sub>)



L'ozone n'est pas directement émis dans l'atmosphère, il s'agit d'un polluant dit « secondaire ». Il est principalement formé par réactions chimiques entre des gaz « précurseurs », le dioxyde d'azote (NO<sub>2</sub>) et les Composés Organiques Volatils (COV), sous l'effet du rayonnement solaire (UV).

L'ozone réagit chimiquement avec le monoxyde d'azote (NO), émis en grande partie par le trafic routier. Les teneurs en ozone sont donc très faibles à proximité immédiate du trafic routier. C'est pourquoi ce polluant n'est mesuré que sur les stations de fond urbaines ou rurales et pas sur les stations trafic.

La formation de l'ozone nécessite un certain temps durant lequel les masses d'air peuvent se déplacer. C'est pourquoi les niveaux moyens d'ozone sont plus soutenus en zone rurale que dans l'agglomération où leurs précurseurs ont été produits.



## Effets sur la santé :

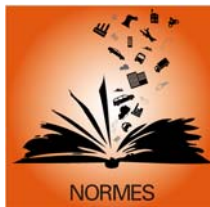
À des concentrations élevées, l'ozone a des effets marqués sur la santé de l'homme : problèmes respiratoires, déclenchement de crises d'asthme, diminution de la fonction pulmonaire et apparition de maladies respiratoires. Plusieurs études européennes ont signalé un accroissement de la mortalité quotidienne de +0,3 % et des maladies cardiaques de +0,4 % pour chaque augmentation de 10 µg/m<sup>3</sup> de la concentration en ozone [OMS, 2011].

Les derniers travaux montrent qu'à long terme, des liens sont observés avec la mortalité respiratoire et cardio-respiratoire, notamment pour des sujets prédisposés par des maladies chroniques (pulmonaires, cardiaques, diabète), avec l'asthme (incidence ou sévérité) et la croissance de la fonction pulmonaire chez les jeunes [OMS, 2013].



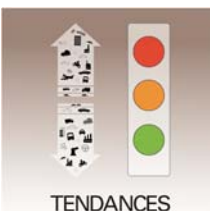
## Effets sur l'environnement :

- perturbation de la photosynthèse conduisant à une baisse du rendement des cultures;
- nécroses sur les feuilles et les aiguilles d'arbres ;
- dégradation des matériaux de construction ;
- contribution à l'effet de serre.



Objectif de Qualité (Objectif à Long Terme)	Protection de la santé humaine	120 µg/m <sup>3</sup> en moyenne sur 8 heures
	Protection de la végétation	AOT40* = 6 000 µg/m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> de mai à juillet
Valeur cible	Protection de la santé humaine	120 µg/m <sup>3</sup> en moyenne sur 8 heures, à ne pas dépasser plus de 25 jours par année civile en moyenne sur 3 ans
	Protection de la végétation	AOT40* = 18 000 µg/m <sup>3</sup> .h <sup>-1</sup> de mai à juillet en moyenne sur 5 ans

\* pour « Accumulation Over Threshold », correspond à la somme des différences entre les mesures horaires d'ozone supérieures à 80 µg/m<sup>3</sup> et la valeur de 80 µg/m<sup>3</sup>, relevées entre 08h et 20h légales, du 1<sup>er</sup> mai au 31 juillet de l'année considérée.



Tendances	
1992-2016	2007-2016
↗	→

Normes à respecter dans la mesure du possible			
OQ / OLT santé	Valeur cible santé	OQ / OLT végétation	Valeur cible végétation
Dépassé	Respectée	Dépassé	Respectée

## Benzène (C<sub>6</sub>H<sub>6</sub>)



Le benzène est un Hydrocarbure Aromatique Monocyclique (HAM). C'est un polluant émis majoritairement par le trafic routier, plus particulièrement les véhicules à motorisation essence, dont les deux-roues motorisés. Il est également présent à proximité des zones de stockage et de distribution de carburants, comme les stations-service. Dans une moindre mesure, il peut aussi être émis en hiver par les activités liées au chauffage résidentiel, en particulier le chauffage domestique au bois [Baudic et al., 2016].



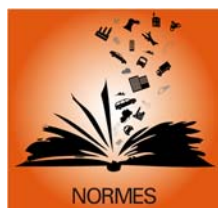
### Effets sur la santé :

Le benzène est cancérogène pour l'homme [IARC, 2012]. De plus, sa dégradation dans l'atmosphère produit des composés de type phénols, nitrophénols, nitrobenzène, peroxyacetyl nitrate qui ont également des effets toxiques et/ou cancérogènes.



### Effets sur l'environnement :

Le benzène a un effet indirect sur l'environnement puisque c'est un précurseur d'ozone qui perturbe la photosynthèse et a un impact négatif sur la végétation.



Valeur limite	Protection de la santé humaine	5 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle civile
Objectif de qualité	Protection de la santé humaine	2 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle civile



Tendances	
1994-2016	2007-2016
↘↘	↘

Normes à respecter	Normes à respecter dans la mesure du possible
Valeur limite annuelle	Objectif de qualité
<b>Respectée</b>	<b>Dépassé</b>

# POLLUANTS NE DÉPASSANT PAS LES NORMES DE QUALITÉ DE L'AIR

## Benzo(a)pyrène (BaP)

### et autres Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)



Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP) se forment lors de combustions incomplètes, en particulier celle de la biomasse. Les HAP sont ainsi majoritairement émis par le chauffage au bois, par les combustions non maîtrisées (brûlage de déchets verts, barbecues) ainsi que par le trafic routier, en particulier par les véhicules diesel. Les HAP sont toujours présents sous forme de mélanges complexes et peuvent se trouver sous forme gazeuse ou particulaire dans l'atmosphère. Une partie des HAP, notamment le benzo(a)pyrène (BaP), entre donc dans la composition des particules PM<sub>10</sub>.



#### Effets sur la santé :

La toxicité des HAP varie fortement d'un composé à l'autre. La plupart des HAP sont mutagènes. Ils peuvent notamment entraîner une diminution de la réponse du système immunitaire.

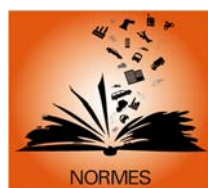
Le benzo(a)pyrène, considéré comme un traceur de la pollution urbaine aux HAP, est cancérigène pour l'homme. D'autres HAP sont reconnus cancérigènes probables ou possibles [IARC, 2012].

De nouvelles connaissances relient l'exposition aux HAP et l'état de santé cardiovasculaire. Mais les effets des HAP ne peuvent être individualisés de ceux des particules [OMS, 2013].



#### Effets sur l'environnement :

Certains HAP, tels que le benzo(a)anthracène, le fluoranthène et le pyrène, sont toxiques pour l'environnement. Les HAP contaminent les sols, les eaux et la chaîne alimentaire ; leur accumulation dans les organismes vivants en perturbe l'équilibre, notamment par stress oxydant.



Valeur cible	Protection de la santé humaine	Benzo(a)pyrène dans la fraction PM <sub>10</sub>
		1 ng/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle civile



	Tendances		Normes à respecter dans la mesure du possible
	1999 - 2016	2007 - 2016	
Loin du trafic	→	→	Valeur cible <b>Respectée</b>
Le long du trafic	↘↘	↘	<b>Respectée</b>

## Métaux : plomb, arsenic, cadmium et nickel



Les **métaux** proviennent majoritairement de la combustion des combustibles fossiles, des ordures ménagères mais aussi de certains procédés industriels.

Le **plomb (Pb)** était principalement émis par le trafic routier jusqu'à l'interdiction totale de l'essence plombée en 2000. Les principales sources actuelles sont la combustion du bois et du fioul, l'industrie ainsi que le trafic routier (abrasion des freins).

L'**arsenic (As)** provient de la combustion de combustibles minéraux solides et du fioul lourd ainsi que de l'utilisation de certaines matières premières, notamment dans la production de verre, de métaux non ferreux ou la métallurgie des ferreux. Le **cadmium (Cd)** est essentiellement émis par l'incinération de déchets, ainsi que la combustion des combustibles minéraux solides, du fioul lourd et de la biomasse.

Le **nickel (Ni)** est émis essentiellement par la combustion du fioul lourd.



### Effets sur la santé :

Les métaux s'accumulent dans l'organisme.

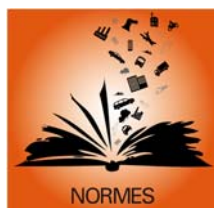
À plus ou moins long terme, et pour des expositions chroniques, les métaux lourds provoquent des affections respiratoires (arsenic, cadmium, nickel), cardiovasculaires (arsenic), neurologiques (plomb, arsenic) et des fonctions rénales (cadmium) [Ineris, 2003] [Ineris, 2006] [Ineris 2010] [Ineris, 2011].

L'arsenic, le cadmium et le nickel sont classés cancérigènes pour l'homme [IARC, 2012].

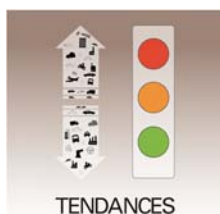


### Effets sur l'environnement :

Dépôt entraînant la contamination des sols, des eaux et de la chaîne alimentaire ; accumulation dans les organismes vivants dont ils perturbent l'équilibre.



Valeur limite annuelle	Protection de la santé humaine	Plomb : 0,5 µg/m <sup>3</sup> en moy. annuelle
Valeur cible	Protection de la santé humaine	Arsenic : 6 ng/m <sup>3</sup> en moy. annuelle Cadmium : 5 ng/m <sup>3</sup> en moy. annuelle Nickel: 20 ng/m <sup>3</sup> en moy. annuelle
Objectif de qualité	Protection de la santé humaine	Plomb : 0,25 µg/m <sup>3</sup> en moy. annuelle



	Tendances	Normes à respecter	Normes à respecter dans la mesure du possible	
	2007 2016		Valeur limite	Objectif de qualité
Pb	→	Respectée	Respecté	
As	↘			Possible
Cd	↘			Respectée
Ni	↘			Respectée

## Monoxyde de carbone (CO)



Le monoxyde de carbone est un polluant primaire qui se forme lors des combustions incomplètes de matières carbonées (gaz, charbon, fioul ou bois). Les sources principales de CO en milieu extérieur sont le trafic routier et le chauffage résidentiel, notamment le chauffage au bois.



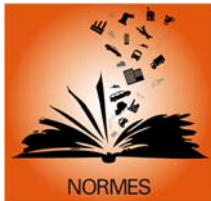
### Effets sur la santé :

Le monoxyde de carbone se fixe à la place de l'oxygène sur l'hémoglobine du sang. À fortes teneurs et en milieu confiné (air intérieur), le monoxyde de carbone peut causer des intoxications oxycarbonées provoquant des maux de tête, des nausées, des vomissements et des vertiges, voire le coma ou la mort pour une exposition prolongée. La gravité des symptômes est fonction de la durée d'exposition et de la concentration de monoxyde de carbone inhalée.



### Effets sur l'environnement :

Participation à la formation de l'ozone troposphérique. Son oxydation aboutit à la formation de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), composé reconnu comme étant l'un des principaux gaz à effet de serre (GES).




---

Valeur limite	Protection de la santé humaine	10 000 µg/m <sup>3</sup> en moyenne glissante sur 8 heures
---------------	--------------------------------	--

---



	Tendances		Normes à respecter
	1996-2016	2008-2016	Valeur limite
Loin du trafic	-	→	Respectée
Le long du trafic	↘↘	→	Respectée



## Dioxyde de soufre (SO<sub>2</sub>)



Le dioxyde de soufre est émis lors de la combustion des matières fossiles, telles que le charbon, le pétrole et certains gaz contenant des impuretés en soufre, ainsi que lors de certains procédés industriels.



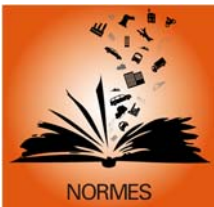
### Effets sur la santé :

Le dioxyde de soufre affecte le système respiratoire, le fonctionnement des poumons et il provoque des irritations oculaires. L'inflammation de l'appareil respiratoire entraîne de la toux, une production de mucus, une exacerbation de l'asthme, des bronchites chroniques et une sensibilisation aux infections respiratoires [OMS, 2011].

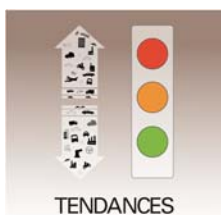


### Effets sur l'environnement :

- contribution aux pluies acides, qui appauvrissent les milieux naturels (sols et végétaux) ;
- dégradation des bâtiments



Valeur limite horaire	Protection de la santé humaine	350 µg/m <sup>3</sup> en moyenne horaire, à ne pas dépasser plus de 24 fois par an
Valeur limite journalière	Protection de la santé humaine	125 µg/m <sup>3</sup> en moyenne journalière, à ne pas dépasser plus de 3 jours par an
Objectif de qualité	Protection de la santé humaine	50 µg/m <sup>3</sup> en moyenne annuelle civile



Tendances		Normes à respecter		Normes à respecter dans la mesure du possible
1992-2016	2007-2016	Valeur limite horaire	Valeur limite journalière	Objectif de qualité
↘↘	↘	<b>Respectée</b>	<b>Respectée</b>	<b>Respecté</b>

## Les aldéhydes



Les aldéhydes appartiennent à la famille des Composés Organiques Volatils (COV).

Ils sont présents dans l'air ambiant en faible concentration. Ce sont à la fois des polluants primaires et secondaires. Ils participent en effet, à la fois comme précurseurs et sous-produits, aux réactions photochimiques responsables de la formation de l'ozone troposphérique (O<sub>3</sub>). Ils sont donc produits par oxydation des COV, en particulier du méthane pour le formaldéhyde.

Il s'agit d'une vaste famille de composés chimiques, mais les deux aldéhydes présents majoritairement dans l'atmosphère urbaine sont le formaldéhyde et l'acétaldéhyde.

Dans l'air ambiant, les principales sources d'aldéhydes sont le trafic routier et, dans une moindre mesure, le secteur résidentiel et tertiaire. La combustion des agrocarburants produit davantage d'aldéhydes que les carburants fossiles.

Les aldéhydes sont utilisés dans la fabrication de certains matériaux de construction et d'isolation. Ils peuvent également être émis lors du stockage ou de l'utilisation de nombreux produits d'usage courant : matériaux d'ameublement et de décoration, enduits et colles, produits d'entretien et de désinfection, désodorisants et parfums d'intérieur, cosmétiques, produits d'hygiène corporelle...

Les sources d'exposition les plus fréquentes en air intérieur sont les panneaux de particules agglomérées et autres matériaux de construction semblables, les moquettes, les peintures, les colles et vernis, les aliments et la cuisson, la fumée de tabac et l'utilisation de formaldéhyde comme désinfectant.



### Effets sur la santé :

Les aldéhydes sont toxiques pour la santé humaine. Le formaldéhyde est classé cancérogène certain par le CIRC, et l'acétaldéhyde cancérogène probable.



### Effets sur l'environnement :

Les aldéhydes ont un effet indirect sur l'environnement puisque ce sont des précurseurs d'ozone qui perturbent la photosynthèse avec un impact négatif sur la végétation.



Les niveaux de formaldéhyde dans l'air ambiant sont généralement faibles, mais des niveaux plus élevés peuvent être présents dans l'air intérieur des habitations. Ils ne sont pas réglementés en air ambiant. L'ANSES recommande une valeur-guide en air intérieur de 10 µg/m<sup>3</sup> pour une exposition long terme.