

Polluants dépassant les normes de qualité de l'air de façon récurrente

Particules PM₁₀ et PM_{2.5}

Les particules sont constituées d'un mélange de différents composés chimiques et de différentes tailles. Une distinction est faite entre les particules PM₁₀, de diamètre inférieur à 10 µm, et les PM_{2.5}, de diamètre inférieur à 2.5 µm. Les particules PM₁₀ sont majoritairement formées de particules PM_{2.5} : en moyenne annuelle, les PM_{2.5} représentent environ 60 à 70 % des PM₁₀.



Les sources de **particules** sont multiples.

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

La contribution du secteur résidentiel et tertiaire aux émissions de PM_{2.5} est plus importante que pour les PM₁₀ et à l'inverse la contribution de l'agriculture et des chantiers est plus faible. Cela s'explique par la nature des phénomènes prépondérants dans la formation des particules. Les particules PM_{2.5} sont majoritairement formées par des phénomènes de combustion (secteur résidentiel et tertiaire et 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 (PM₁₀) [Airparif, 2012].

Les sources de particules sont également indirectes : transformations chimiques de polluants gazeux (NO₂, SO₂, NH₃, COV...) qui réagissent entre eux pour former des particules secondaires, transport à travers l'Europe, ou encore 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].

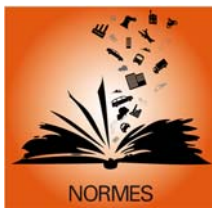
Des études récentes montrent sur le long terme des associations entre concentrations de particules et mortalité à des niveaux bien en-dessous du niveau de recommandation annuel de l'OMS (10 µg/m³ en PM_{2.5}) [OMS, 2013]. De plus, plusieurs études se sont intéressées à l'effet de seuil et à la relation dose-réponse aux PM_{2.5}. 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 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 cancer du poumon. Les échappements des moteurs essence sont quant à eux classés cancérigènes possibles pour l'homme [OMS/IARC, 2013].



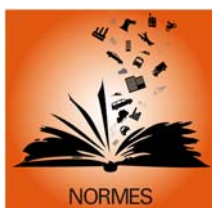
Effets sur l'environnement :

- Dégradation des bâtiments
- 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 PM₁₀

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



Particules PM_{2.5}

Valeur limite annuelle	Protection de la santé	2014 : 26 µg/m ³ en moy annuelle
Valeur cible	Protection de la santé	20 µg/m ³ en moyenne annuelle
Objectif de qualité	Protection de la santé	10 µg/m ³ en moyenne annuelle



	1999 - 2014	2007 - 2014
Loin du trafic	↘	↘
Le long du trafic	↘	↘

	Normes à respecter		Norme à respecter dans la mesure du possible
	Valeur limite annuelle	Valeur limite journalière	Objectif de qualité
PM₁₀			
Loin du trafic	Respectée	Respectée	Respecté
Le long du trafic	Dépassée	Dépassée	Dépassé

	Normes à respecter	Normes à respecter dans la mesure du possible	
	Valeur limite annuelle	Valeur cible	Objectif de qualité
PM_{2.5}			
Loin du trafic	Respectée	Respectée	Dépassé
Le long du trafic	Respectée	Dépassée	Dépassé

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. 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.

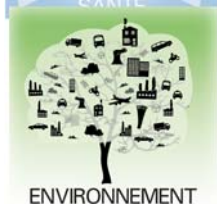
Les aldéhydes sont utilisés dans la fabrication de certains matériaux de construction et d'isolation. Ils peuvent également être émis lors du stockage ou de l'utilisation de nombreux produits d'usage courant : matériaux d'ameublement et de décoration, enduits et colle, produits d'entretien et de désinfection,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

Les sources d'exposition les plus fréquentes sont les gaz d'échappement des véhicules à moteur, les panneaux de particules agglomérées et autres matériaux de construction semblables, les moquettes, les peintures, colles et vernis, les aliments et la cuisson, la fumée de tabac, et l'utilisation de formaldéhyde comme désinfectant.



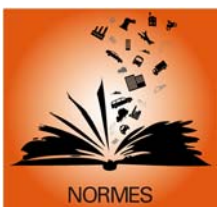
Effets sur la santé :

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



Effets sur l'environnement :

Les aldéhydes ont un effet indirect sur l'environnement puisque ce sont des précurseurs d'ozone qui perturbe 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. Par conséquent, ils ne sont pas réglementés en air ambiant. L'Anses recommande une valeur guide en air intérieur de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ pour une exposition long terme.

Dioxyde de soufre (SO₂)



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.



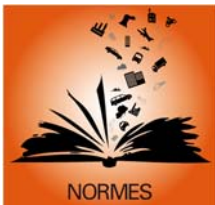
Effets sur la santé :

Le SO₂ 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	350 µg/m ³ moyenne horaire, à ne pas dépasser plus de 24 fois par an
Valeur limite journalière	Protection de la santé	125 µg/m ³ moyenne journalière, à ne pas dépasser plus de 3 jours par an
Objectif de qualité	Protection de la santé	50 µg/m ³ en moyenne annuelle



	Tendances		Normes à respecter		Normes à respecter dans la mesure du possible
	1992 2014	2007 2014	Valeur limite horaire	Valeur limite journalière	Objectif de qualité
Loin du trafic	↘↘	↘	Respectée	Respectée	Respecté
Le long du trafic	↘↘	↘	Respectée	Respectée	Respecté

Monoxyde de carbone (CO)



Le **monoxyde de carbone** est un polluant primaire qui se forme lors des combustions incomplètes (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.



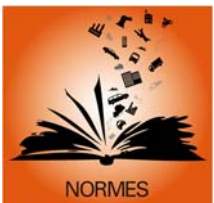
Effets sur la santé :

A fortes teneurs et en milieu confiné, le monoxyde de carbone peut causer des intoxications provoquant des maux de tête et des vertiges, voire le coma ou la mort pour une exposition prolongée. Le CO se fixe à la place de l'oxygène sur l'hémoglobine du sang.



Effets sur l'environnement :

Participation à la formation de l'ozone troposphérique. Son oxydation aboutit à la formation de dioxyde de carbone, composé reconnu comme étant l'un des principaux gaz à effet de serre.



Valeur limite	Protection de la santé	10000 µg/m ³ en moyenne sur 8 heures
---------------	------------------------	---



	Tendances		Normes à respecter
	1996-2014	2007-2014	
Loin du trafic	-	→	Valeur limite Respectée
Le long du trafic	↘↘	↘	Respectée

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.

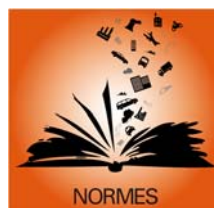
A plus ou moins long terme, et pour des expositions chroniques, les métaux provoquent des affections respiratoires (arsenic, cadmium, nickel), cardiovasculaires (arsenic), neurologiques (plomb, arsenic) et des fonctions rénales (Cadmium) [Ineris, 2003] [Ineris, 2006] [Ineris 2010] [Ineris, 2011].

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

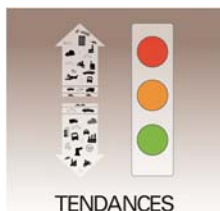


Effets sur l'environnement :

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



		Tendances		Normes à respecter	Normes à respecter dans la mesure du possible	
		1992-2005	2007-2014		Valeur limite	Objectif de qualité
Pb	Loin du trafic	-	→	Respectée	Respecté	
	Le long du trafic	↘↘	-	Respectée	Respecté	
As	Loin du trafic	-	↘			Respectée
Cd	Loin du trafic	-	→			Respectée
Ni	Loin du trafic	-	↘			Respectée

Polluants ne dépassant pas les normes de qualité de l'air

Benzo(a)pyrène et autres Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques (HAP)



Les Hydrocarbures Aromatiques Polycycliques 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, entrent donc dans la composition des particules PM₁₀.



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.

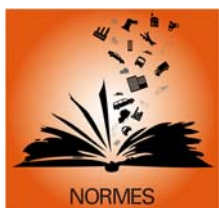
Le benzo(a)pyrène, considéré comme traceur de la pollution urbaine aux HAP, est cancérigène pour l'homme. D'autres HAP sont reconnus cancérigènes probables ou possibles. [IARC, 2012]

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].

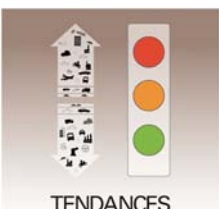


Effets sur l'environnement :

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	Benzo(a)pyrène dans la fraction PM ₁₀ 1 ng/m ³ en moyenne annuelle
--------------	------------------------	---



	Tendances		Normes à respecter dans la mesure du possible
	1998 - 2014	2007 - 2014	
Loin du trafic	→	→	Valeur cible Respectée
Le long du trafic	↘↘	↘	Respectée

Benzène (C₆H₆)



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-services.



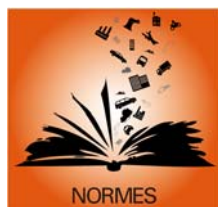
Effets sur la santé :

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	5 µg/m ³ en moyenne annuelle
Objectif de qualité	Protection de la santé	2 µg/m ³ en moyenne annuelle



	Tendances		Normes à respecter	Normes à respecter dans la mesure du possible
	1994 2014	2007 2014		
Loin du trafic	↘↘	↘	Valeur limite annuelle Respectée	Objectif de qualité Respecté
Le long du trafic	↘↘	↘	Respectée	Dépassé

Ozone (O₃)



L'**ozone** n'est pas directement émis dans l'atmosphère, il s'agit d'un polluant secondaire. Il est principalement formé par réaction chimique entre des gaz « précurseurs », le dioxyde d'azote (NO₂) et les Composés Organiques Volatils (COV), sous l'effet du rayonnement solaire (UV).

L'ozone réagit chimiquement avec le monoxyde d'azote, 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 et pas sur les stations trafic.

La formation de l'ozone nécessite un certain temps durant lequel les masses d'air se déplacent. 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 :

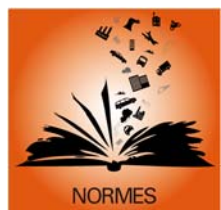
À des concentrations élevées, l'ozone a des effets marqués sur la santé de l'homme : problèmes respiratoires, déclenchement de crises d'asthme, diminution de la fonction pulmonaire et apparition de maladies respiratoires. Plusieurs études européennes ont signalé un accroissement de la mortalité quotidienne de + 0,3 % et des maladies cardiaques de + 0,4 % pour chaque augmentation de 10 µg/m³ 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].



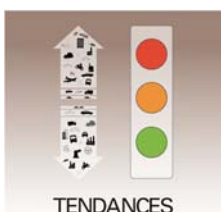
Effets sur l'environnement :

- 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	120 µg/m ³ en moyenne sur 8 heures
Objectif de qualité Objectif à long terme	Protection de la végétation	AOT40* = 6000– µg/m ³ .h de mai à juillet
Valeur cible	Protection de la santé	120 µg/m ³ en moyenne sur 8 heures, à ne pas dépasser + de 25 jours par an en moy sur 3 ans
Valeur cible	Protection de la végétation	AOT40* = 18000 µg/m ³ .h 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/m³ et la valeur de 80 µg/m³, relevées entre 9h et 21h légales, du 1er mai au 31 juillet de l'année considérée

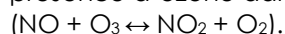


	Tendances		Normes à respecter dans la mesure du possible			
	1992 2014	2007 2014	OQ / OLT santé	Valeur Cible santé	OQ / OLT végétation	Valeur Cible végétation
Loin du trafic	↗	→	Dépassé	Respectée	Dépassé	Respectée

Dioxyde d'azote (NO₂)



Le dioxyde d'azote, qui fait partie des oxydes d'azote (NOx), 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 NO₂ (polluant « secondaire »). Les processus de formation du NO₂ sont étroitement liés à la présence d'ozone dans l'air.



A la différence du NO₂, le monoxyde d'azote (NO) n'est pas considéré comme un polluant dangereux pour la santé.



Effets sur la santé :

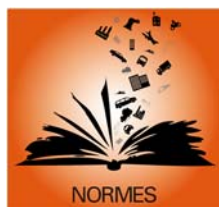
Les études épidémiologiques ont montré que les symptômes bronchitiques chez l'enfant asthmatique augmentent avec une exposition de longue durée au NO₂. Une diminution de la fonction pulmonaire est également associée aux concentrations actuellement mesurées dans les villes d'Europe et d'Amérique du Nord.

A des concentrations dépassant 200 µg/m³, sur de courtes durées, c'est un gaz toxique entraînant une inflammation importante des voies respiratoires [OMS, 2011].

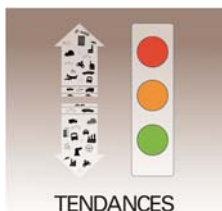


Effets sur l'environnement :

- 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	40 µg/m ³ en moyenne annuelle
Valeur limite horaire	Protection de la santé	200 µg/m ³ moyenne horaire, à ne pas dépasser plus de 18 fois par an



	Tendances		Normes à respecter	
	1996 2014	2007 2014	Valeur limite annuelle	Valeur limite horaire
Loi du trafic	↘	↘	Dépassée	Respectée
Le long du trafic	↘	↘	Dépassée	Dépassée