



CONSEIL NATIONAL DE L'AIR

L'OZONE ET SES IMPACTS

Livrable axe 1 groupe de travail ozone

PARTIE CONNAISSANCES

L'ozone est le seul polluant réglementé dont les niveaux ne diminuent pas. Cependant, en France, le nombre annuel de jours de dépassement de la valeur cible pour la protection de la santé diminue. La directive révisée 2024/2881 entrera en vigueur dans le droit national en fin d'année 2026. Elle renforcera les valeurs cibles pour l'ozone tout en imposant l'établissement de plans d'actions spécifiques en cas de niveaux d'ozone supérieurs à ces valeurs cibles. Dans l'optique de se préparer à ces enjeux, le Conseil national de l'air¹ a conduit des travaux spécifiques à ce polluant.

1. Le Conseil national de l'air (CNA) est une instance consultative placée auprès du ministre chargé de transition écologique. Il réunit des représentants de l'État, des collectivités, des experts et des parties prenantes pour émettre des avis sur les politiques publiques relatives à la qualité de l'air.

QU'EST-CE QUE L'OZONE ?

À très haute altitude, dans la stratosphère (10 à 60 km d'altitude), l'ozone filtre et nous protège des rayons solaires ultraviolets B et C. Il forme la couche d'ozone. Sans ozone, pas de vie terrestre. Cela représente 90% de l'ozone atmosphérique.

Mais à basse altitude, dans la troposphère (0 à 10 km d'altitude), dans l'air que nous respirons, l'ozone est un polluant car il est très oxydant ce qui le rend dangereux pour la santé et la végétation. Et pourtant c'est bien le même composé chimique : une molécule formée par trois atomes d'oxygène. L'ozone résulte d'une réaction chimique complexe.

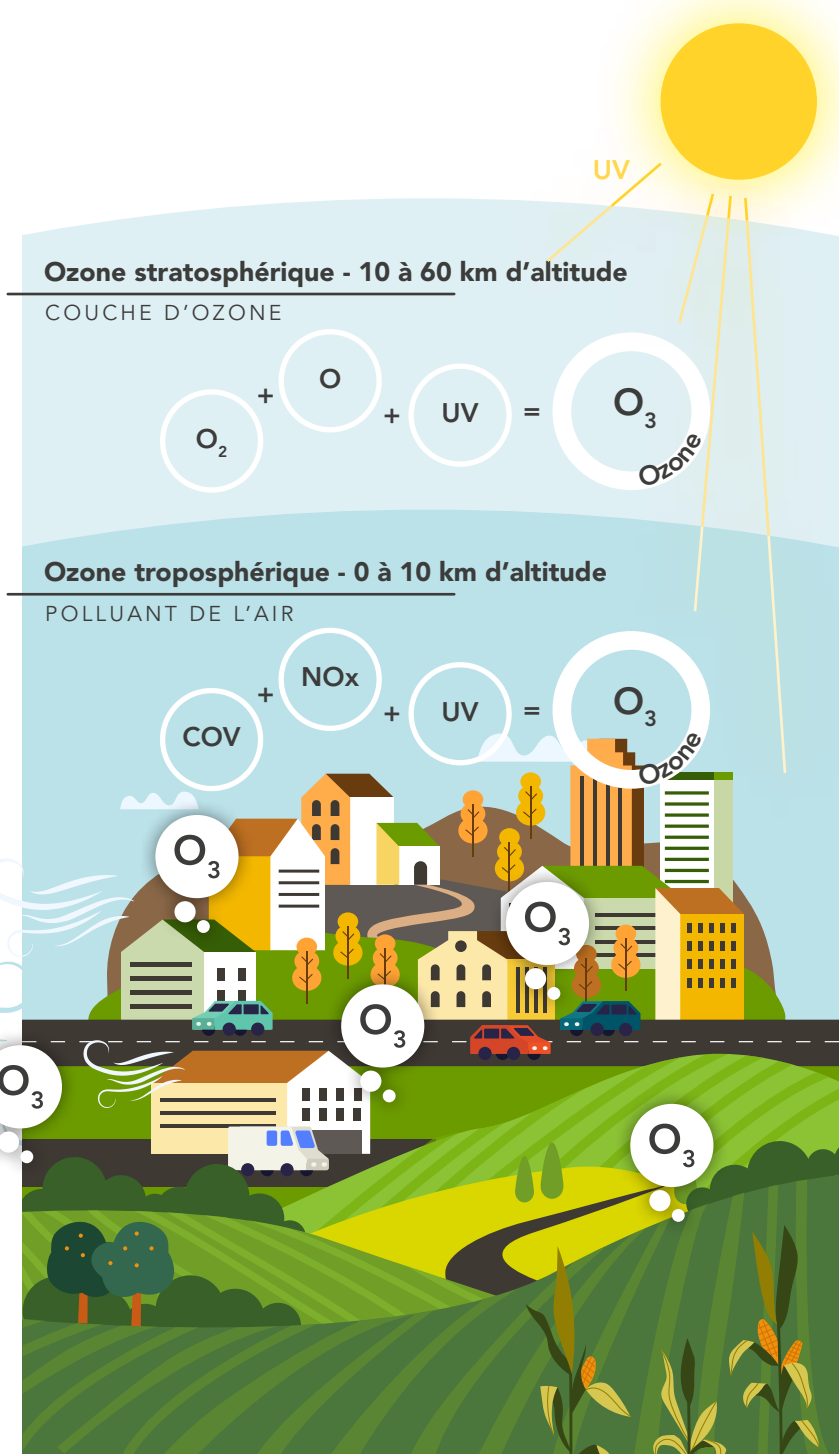
L'ozone, un polluant complexe

L'ozone se forme à partir de polluants dits pré-curseurs tels que les oxydes d'azote (NO_x) issus du transport et les composés organiques volatils (COV) d'origine anthropique ou biogénique, comprenant le méthane (CH_4).

La production d'ozone est également liée à des conditions météorologiques spécifiques : soleil, vents faibles, rayonnement UV important et températures élevées. Elle est, de ce fait, plus importante en période estivale et favorisée par le réchauffement climatique.

L'ozone se déplace très bien dans la troposphère et a une durée de vie pouvant aller jusqu'à une vingtaine de jours. Il se transporte ainsi sur de longues distances et traverse les frontières.

En France, l'ozone présent provient en partie d'Europe et même d'Asie ou d'Amérique du Nord.

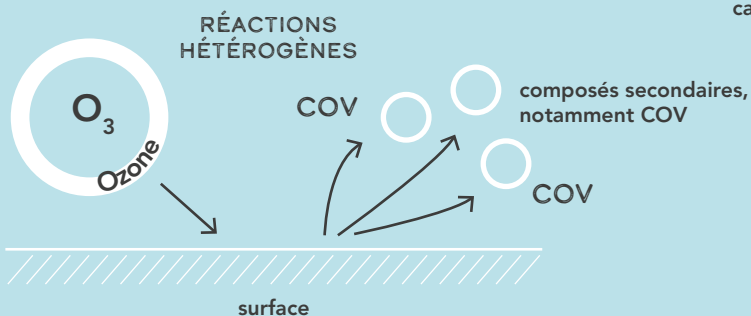


IMPACTS DE L'OZONE EN INTÉRIEUR

Réaction de l'ozone avec des matériaux et formation de composés secondaires et impacts sur la santé

Les sources d'ozone sont multiples en intérieur : photocopieurs, épurateurs d'air, import depuis l'extérieur par ventilation.

La réaction hétérogène, c'est-à-dire en surface, ou en phase gazeuse de l'ozone dans les milieux fermés se traduit par la production de sous-produits. C'est par exemple ce qui explique en partie la hausse des niveaux de composés organiques volatils (COV) réactifs, notamment d'aldéhydes, l'été en air intérieur.



COV gêne ou irritation des voies respiratoires

OZONE irritation des yeux et des voies respiratoires

COV risque d'effets mutagènes et cancérigènes

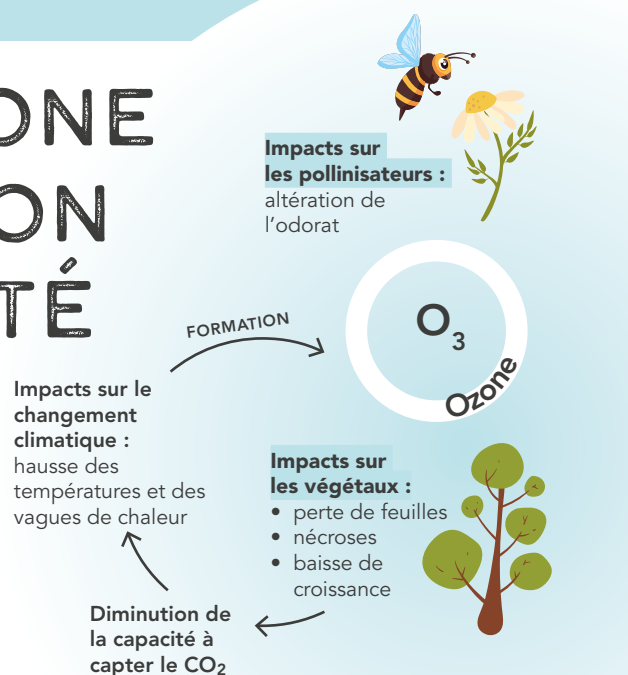
COV diminution des capacités respiratoires

Les COV sont particulièrement néfastes au bon développement des enfants

IMPACTS DE L'OZONE SUR LA VÉGÉTATION ET LA BIODIVERSITÉ

La végétation est à la fois source de précurseurs d'ozone et impactée par l'ozone.

L'ozone entraîne une baisse de la croissance des végétaux (diminution de la capacité de photosynthèse, nécrose et perte des feuilles, diminution de la croissance...), une réduction des capacités de stockage du dioxyde de carbone par les arbres. Il a également un impact sur le vivant et notamment sur les pollinisateurs.



Baisse de la production agricole et forestière

- -14% : blé tendre
 - -20% : bois de hêtre
- France, 2020

Baisse de la capacité des arbres à stocker du CO₂

- de -5% à -20%
- Rhône-Alpes - Harmens & Mills, 2012

IMPACTS DE L'OZONE SUR LA SANTÉ PUBLIQUE

L'ozone est délétère pour tous les organismes vivants par son fort pouvoir oxydant entraînant un stress oxydatif, c'est-à-dire un phénomène biologique impliqué dans le vieillissement cellulaire et de nombreuses pathologies via la production d'espèces réactives de l'oxygène (O₂) dites ROS pour *reactive oxygen species*. Ces espèces réactives s'accumulent et dérèglent notamment le système immunitaire. C'est le cœur même de la cellule qui est attaqué avec dérégulation de l'expression de ses gènes, cassure de son ADN.

En détruisant les barrières cellulaires des voies respiratoires, l'ozone pénètre profondément jusqu'aux bronchioles, où il réagit avec les cellules et les fluides présents. Ces réactions génèrent des composés oxydants et des médiateurs inflammatoires, susceptibles de franchir la barrière alvéolo-capillaire et de diffuser dans la circulation sanguine. Cette cascade peut aggraver les maladies pulmonaires et, par voie systémique, entraîner des altérations du système cardio-vasculaire (altérations des parois vasculaires et du muscle cardiaque). Cette cascade atteint également la barrière physiologique présente dans le cerveau et touche les neurones et leurs synapses. Ce processus qui pourrait exacerber des pathologies neuro-dégénératives comme les maladies de Parkinson, de Charcot, Alzheimer ou les divers spectres d'autisme, non chiffrées en l'absence d'études spécifiques sur le sujet.

L'étude Cepem (caractérisation épidémiologique des épisodes de pollution atmosphérique en France et évaluation sanitaire des mesures des pouvoirs publics²) a mis en évidence une corrélation entre l'exposition à l'ozone et une augmentation de la mortalité non accidentelle, ainsi que des hospitalisations liées à des pathologies cardiaques, cardio-vasculaires et pulmonaires. Par ailleurs, cette étude conclut à un effet sans seuil de l'ozone avec une augmentation des effets sanitaires au-delà de 90 µg/m³ en soulignant l'importance des vagues de chaleur. Jusqu'à 31% des décès recensés en période de vague de chaleur peuvent être attribués aux niveaux d'ozone (part estimée à Nantes sur une période d'étude de 2000 à 2015³).

Au-delà de l'impact direct de l'ozone sur la santé, lors de la formation photo-chimique de l'ozone, des réactions secondaires génèrent également des sous-produits, des aérosols à partir de particules fines, qui aggravent les effets sanitaires en pénétrant profondément dans les voies respiratoires, contribuant à l'inflammation, aux maladies cardio-vasculaires et aux troubles respiratoires. L'ozone modifie également la surface des grains de pollen ce qui conduit à l'extraction des allergènes et augmente indirectement les niveaux de réaction bronchique, ce qui rend les pollens plus agressifs sur des muqueuses déjà fragilisées par la pollution.

2. Source : <https://bibliothèque.ademe.fr/mobilite-et-transport/6467-epidemiologie-air-sante-et-politiques-publiques.html>

3. Source : Alari A, Schwarz L, Chen C, Hansen K, Chaix B, Benmarhnia T. The role of ozone as a mediator in the relation between heat waves and mortality in 15 French urban agglomerations. *American Journal of Epidemiology* (<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/36757191/>).