

DOSSIER DE PRESSE - Ozone & photochimie

La région Sud Provence-Alpes-Côte d'Azur est concernée par une pollution chronique issue des nombreuses activités humaines. **En été**, le transport routier, le maritime et l'industrie sont les principales sources et **les épisodes de pollution sont plus fréquents**. C'est la région de France où s'observent le plus d'épisodes de pollution à l'ozone. En 2022, 87% du territoire et 76% de la population de la région étaient concernés par un dépassement du seuil réglementaire d'ozone. Le soleil, la chaleur et les vents modérés provoquent la transformation des polluants émis par les activités humaines en pollution « photochimique ».

Ne pas confondre la couche d'ozone et l'ozone que l'on respire

Selon l'altitude, l'ozone n'a pas les mêmes impacts sur l'homme et l'environnement.

- L'**ozone stratosphérique** (gaz de la haute atmosphère entre 10 et 50 kilomètres d'altitude) forme la couche d'ozone, qui **protège des rayons ultra-violets**.
- En basse altitude, **dans la troposphère** (jusqu'à environ 10 kilomètres d'altitude), c'est l'ozone, **nocif pour la santé** (maux de tête, irritation des yeux, des voies nasales et de la gorge) et **l'environnement**, qui est présent. À forte concentration, elle peut entraîner divers problèmes respiratoires.

La pollution photochimique

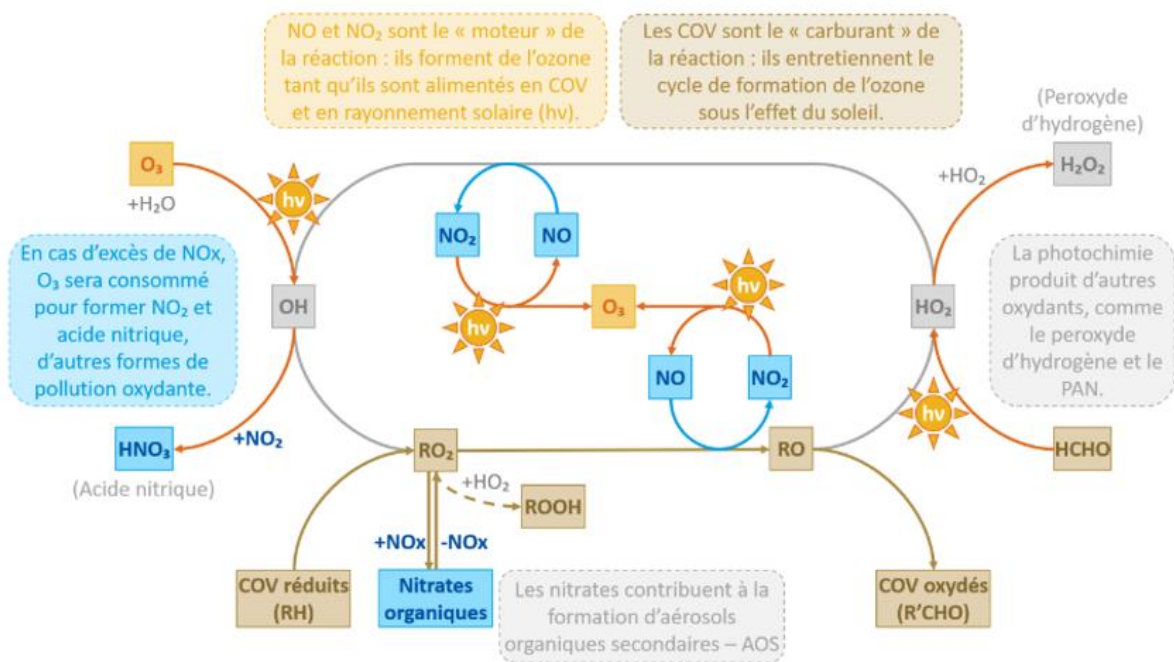
L'ozone est formé par **réaction chimique entre des polluants précurseurs**. Cette réaction est activée par le **rayonnement solaire**, c'est la photochimie. Les polluants précurseurs sont les oxydes d'azote (NO et NO₂) produits par les combustions (trafic routier, activité maritime et industrielle) et les COV, composés organiques volatils, produits par les industries, le secteur tertiaire (usage des peintures, colles, enduits et vernis), ainsi que par les sources biogéniques. **L'ozone est le principal traceur de cette pollution, mais d'autres polluants sont également formés comme les particules ultrafines.** Cette pollution photochimique s'ajoute à celle habituellement présente localement ; elle couvre de larges territoires, y compris des zones rurales éloignées des villes et pôles industriels.

La pollution photochimique et les aérosols secondaires

La pollution photochimique produit de l'ozone mais également d'autres polluants comme les **particules d'origine secondaires** ayant pour effet d'augmenter les concentrations des particules fines. L'ozone est le polluant traceur de la pollution photochimique, il est mesuré en continu dans plus de 30 stations de la région.

Par différents mécanismes dont le stress oxydatif et l'inflammation, les particules fines, contribuent au développement de maladies chroniques telles que des maladies cardiovasculaires, respiratoires ou encore neurologiques (source : Santé publique France)

Le cycle de la formation de l'ozone



AtmoSud, 2017, d'après Camredon et Aumont, 2007

« C'est quoi l'ozone ? » [en vidéo](#)

L'ozone, pollution présente à la campagne

L'ozone se forme dans les zones où les précurseurs se rencontrent (zones urbaines et industrielles) et va se déplacer depuis sa zone de production pour toucher des parties du territoire qui sont moins productrices de polluants primaires (zones rurales).

Le jour, sous l'effet du soleil, la terre se réchauffe. La différence de température entre la terre et la mer provoque une réaction climatique, c'est la brise de mer qui souffle de la mer vers la terre. Cette brise transporte les masses d'air polluées des villes côtières vers les zones rurales à l'intérieur des terres. Le long du trajet, elles rencontrent d'autres molécules, qui par réactions chimiques, continuent à former de l'ozone. C'est pourquoi, on trouve en été de l'ozone dans les arrière-pays

En savoir plus : https://www.youtube.com/watch?v=TDfy6A_7Fh8

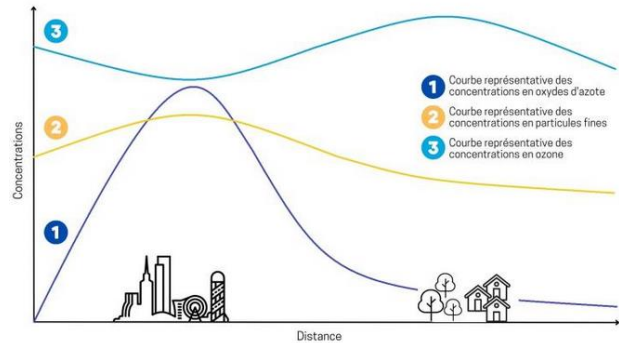
ICAIR, un indice qui prend en compte les précurseurs de la pollution photochimique

L'indicateur de la qualité de l'air, [ICAIRh](#) cumule 4 polluants (O₃, NO₂, PM10 et PM2.5) et apporte une information quotidienne sur la qualité de l'air.

Sur le schéma ci-contre les courbes d'ozone (O₃) (3), dioxyde d'azote (NO₂) (1) et de particules fines (PM10 et PM2.5) (2) représentent une journée fictive d'été. L'ozone est en général le polluant avec les concentrations les plus élevées, avec un niveau moins élevé en ville qu'en périphérie et campagne.

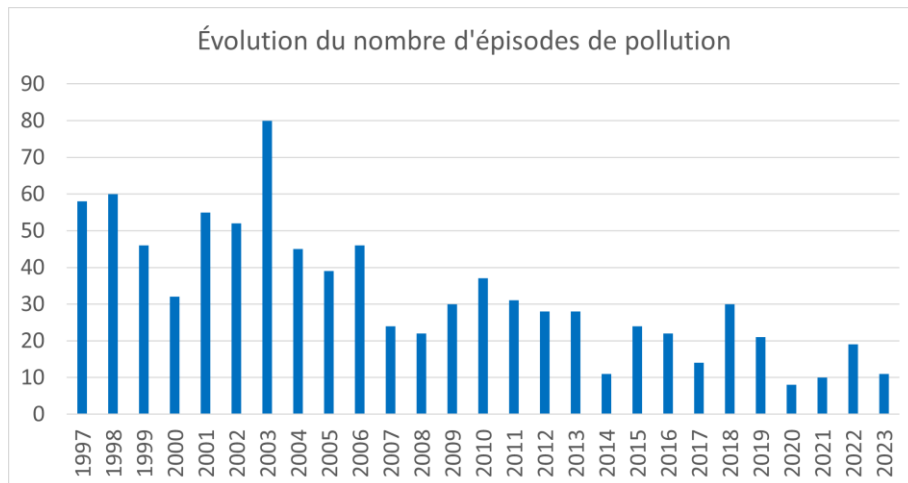
Si on ne prend pas en compte le cumul des polluants, la ville pourrait paraître comme moins polluée que les zones périurbaines.

[Tout savoir sur ICAIR](#)



Quelle évolution de l'ozone en 30 ans en région Sud ?

Depuis 1997, le nombre de pics de pollution à l'ozone a été divisé par 6. Cette évolution marque l'efficacité des actions mises en œuvre sur notre région, notamment dans les secteurs du transport routier et de l'industrie.

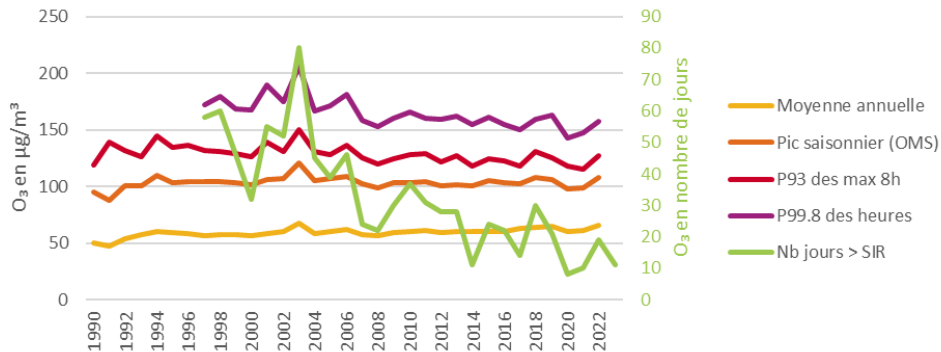


Évolution du nombre d'épisodes de pollution à l'ozone, depuis 1997

En fonction de l'indicateur, l'évolution sur les 30 dernières années des concentrations d'ozone est contrastée :

- La moyenne annuelle tend à augmenter légèrement.
- Les niveaux d'ozone l'après-midi durant toute la saison chaude (pic saisonnier) restent stables.

- Les niveaux d’ozone l’après-midi durant les jours les plus pollués de l’année (percentile 93 des max sur 8h¹) tendent à baisser.
- Le nombre d’épisodes de pollution marquent une baisse plus nette (p99.8 des valeurs horaires et nombre de jours de dépassements du seuil d’information-recommandations - SIR).

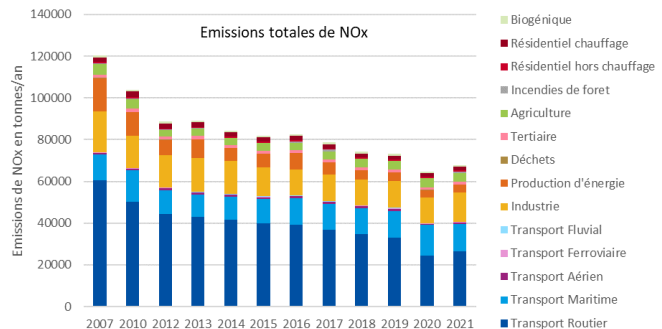


Tendance d’évolution de différents indicateurs annuels de l’ozone, depuis 1990

Cette différence entre les indicateurs montre que les niveaux moyens d’ozone sont stables et les pics sont en baisse. De manière globale, il y a moins de pollution photochimique.

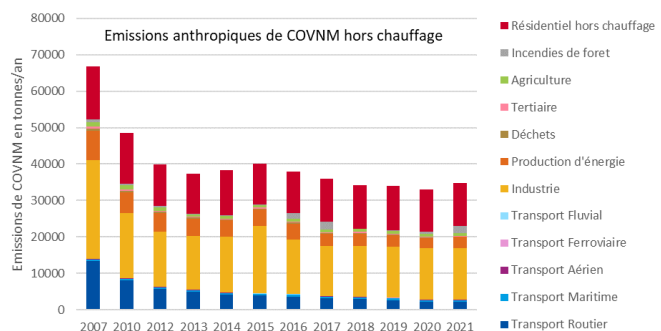
Des émissions de précurseurs en baisse (NO₂ et COVnM)

Les émissions de NOx ont baissé de 44% en 14 ans, principalement grâce aux progrès des transports routiers (premier émetteur régional) et du secteur de la production d’énergie. Ces émissions sont très concentrées, majoritairement sur les centres des grandes villes et la zone industrielle de Fos-Berre.



Émissions annuelles de NOx en région Sud, par grand secteur d’activité

Au niveau des points d’émissions de NOx, les COVnM (hors chauffage domestique) sont principalement issus des activités humaines, l’industrie et le résidentiel en tête. Ces émissions anthropiques ont baissé de 48% en 14 ans grâce aux efforts de l’industrie, de l’énergie et des transports routiers, mais stagnent depuis 2017.



Émissions annuelles de COVnM anthropiques hors chauffage en région Sud, par grand secteur d’activité

¹ Le percentile 93 des max sur 8h correspond à la Valeur Cible européenne : c’est la valeur du 26^e maximum journalier des moyennes glissantes sur 8h le plus élevé. Il est représentatif des niveaux d’ozone l’après-midi durant les jours les plus pollués de l’année.

En dehors des zones d'activités qui concentrent les émissions humaines, les COVNM sont très majoritairement d'origine naturelle. Ces COVNM naturels participent peu au démarrage des épisodes photochimiques. En revanche, ils vont contribuer à la prolongation des épisodes une fois que ceux-ci ont démarré et que la masse d'air s'est déplacée en périphérie au gré des vents. Ces émissions naturelles sont stables dans le temps.

La tendance à la baisse des précurseurs dans la région Sud s'est traduite par une diminution progressive du nombre de pics d'ozone et par un abaissement des concentrations les jours les plus pollués de l'année. Ces indicateurs sont ceux qui représentent le mieux la photochimie locale.

Cependant, le niveau de fond en ozone ne suit pas cette baisse. D'autres mécanismes entrent en jeu, comme la production d'autres composés oxydants (consommation de l'ozone) et les apports transfrontaliers.

Synthèse de l'évolution de l'ozone en région Sud

L'ozone est la somme de plusieurs dynamiques. Chaque indicateur représente un phénomène différent :

- Le nombre d'épisodes de pollution et les percentiles des valeurs les plus élevées d'ozone sont les indicateurs privilégiés pour le suivi de la photochimie locale, et donc de l'efficacité des actions locales de réduction de la pollution. Ces indicateurs montrent une tendance à la baisse.
- La moyenne annuelle est influencée par la baisse de consommation de l'ozone, et donc par la baisse de production d'oxydants secondaires. La moyenne annuelle d'ozone ne devrait pas être utilisée seule comme indicateur de suivi de la pollution.
- Le pic saisonnier (indicateur OMS) est représentatif de l'exposition globale de la population sur l'année. Il a donc plus une vocation sanitaire. Cet indicateur montre une stabilité sur ces 30 dernières années.

Impact de l'ozone

L'ozone est un **gaz irritant** du système respiratoire et cardiovasculaire. Les enfants, les personnes âgées, les asthmatiques, les insuffisants respiratoires sont particulièrement sensibles à la pollution par l'ozone. La présence de ce gaz irritant peut provoquer toux, inconfort thoracique, essoufflement, irritations nasale et oculaire. Elle augmente aussi la sensibilisation aux pollens.

« L'ozone entre autres fragilise les muqueuses respiratoires, les rend vulnérables aux agressions d'autres polluants (NOx, HAP) et aux micro-organismes comme les virus (coronavirus par exemple) dont la cible privilégiée est la cellule endothéliale. », Jacques Patris, Référent santé au conseil national de l'air

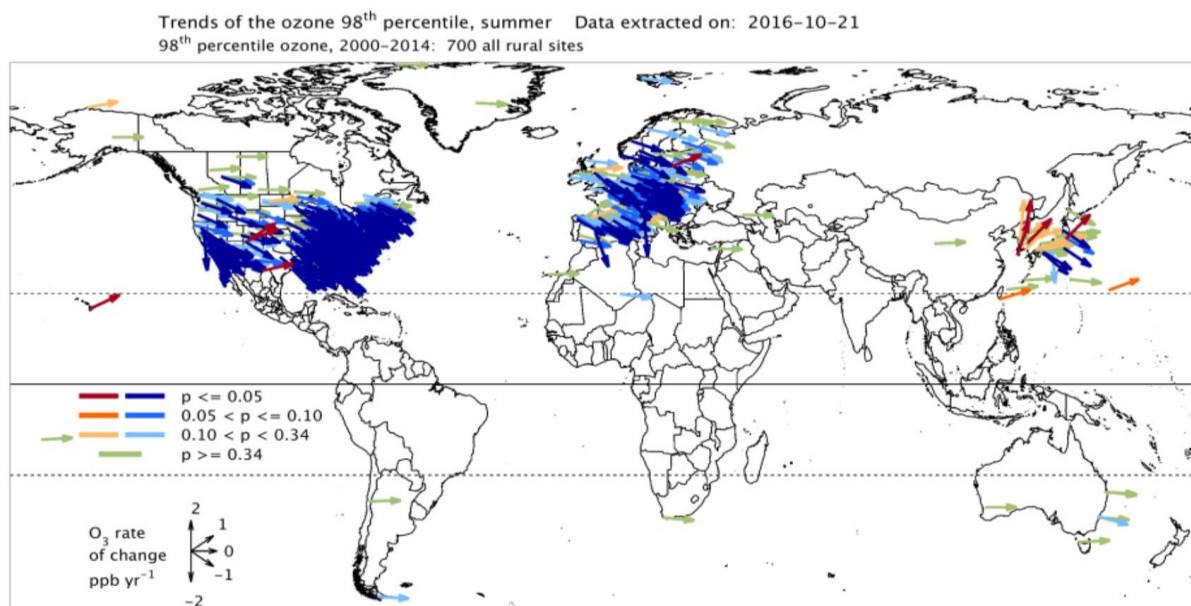
L'ozone est également un polluant "caniculaire" à [fort impact sur la production agricole](#).

L'ozone dans une région montagneuse

Comme en région Provence-Alpes-Côte d'Azur, ATMO Auvergne-Rhône-Alpes constate que la région Auvergne-Rhône-Alpes est exposée à des concentrations d'ozone en augmentation ces 15 dernières années. Si le nombre de pics à tendance à baisser, les indicateurs qui influencent la végétation sont au rouge et ceux de la nouvelle directive européenne montrent de larges dépassements des valeurs d'exposition de la population. Ce sont ainsi des coûts sanitaires mais aussi des coûts liés aux pertes de rendements et de stockage du CO₂ qui sont en jeu. Depuis 3 ans, des travaux sont menés sous l'impulsion de la Préfète de région pour agir sur les sources à travers 23 actions ciblées.

L'ozone troposphérique à grande échelle

En Europe et en Amérique du Nord, les précurseurs (NO_x et COV) de la production photochimique de l'ozone sont en baisse sur les deux dernières décennies avec comme conséquence une baisse des concentrations d'ozone dans les très basses couches de l'atmosphère (1-2 ppbv/an). Aucune baisse n'a été observée dans l'Est de l'Asie. Le transport à longue distance de l'ozone doit être ainsi pris en compte pour comprendre les évolutions de ce polluant secondaire sur l'ensemble de la troposphère.



Tendance décennale de l'ozone en Europe (1990-2020)

Dans la haute troposphère, l'ozone continue à augmenter (3 ppbv/décade). Il n'y a pas de lien probant avec une évolution du transport vertical vers le bas de la source stratosphérique. Le transport interhémisphérique doit à nouveau être pris en compte pour expliquer cette absence de diminution en altitude.

Impact des réductions des émissions

La période de confinement a permis de tester la réponse des concentrations d'ozone dans la troposphère à un changement brutal des émissions de ses précurseurs :

- diminution de l'ozone en Europe et dans l'est des USA aux altitudes supérieures à 2 km en avril-août pendant les périodes de confinement,
- compensation de cette diminution dans l'ouest des USA du fait des importants feux de forêt ayant eu lieu pendant l'été 2021 dans cette région.

Quelle tendance pour l'ozone dans les années à venir ?

Effet climatique et changement d'émissions anthropiques sur l'ozone

Le changement climatique a un impact significatif sur les futures concentrations d'ozone. Les niveaux d'ozone sont en hausse en lien avec l'augmentation des températures.

