



D A T A Essentiel L A B



Pollution à l'ozone : une situation encore préoccupante malgré des progrès

JUILLET 2022

En France, l'ozone est le seul polluant atmosphérique dont les teneurs moyennes annuelles ont augmenté au cours des deux dernières décennies. Ce constat est d'autant plus préoccupant que les niveaux de concentrations mesurés sont suffisants pour affecter la santé, la végétation et le rendement des cultures. L'ozone résulte de réactions complexes entre des polluants déjà présents dans l'atmosphère sous l'action des rayonnements ultraviolets. La réduction des rejets de ces polluants, résultat des stratégies et plans d'action mis en œuvre depuis plusieurs années, a toutefois permis de diminuer l'intensité des pics¹ d'ozone sur une partie du territoire malgré des conditions météorologiques peu favorables. L'impact important du changement climatique et du transport à longue distance de pollution sur les niveaux d'ozone, mis en évidence par différentes études, confirme la nécessité de poursuivre et de renforcer les actions de réduction des émissions de polluants à l'origine de l'ozone aux niveaux européen et international.

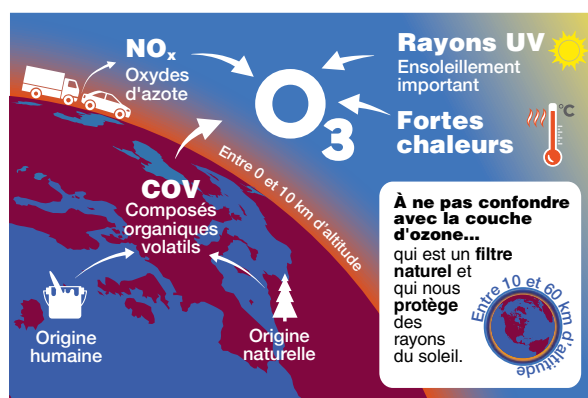
L'ozone est un polluant qui n'est pas rejeté directement dans l'air par des activités humaines ou des sources naturelles. Il se forme selon des réactions complexes à partir de gaz traces dits « précurseurs », principalement les oxydes d'azote (NO_x) et les composés organiques volatils (COV) émis par les activités humaines et par les sources biotiques, sous l'action des rayonnements ultraviolets (UV) du soleil (encadré). En période estivale, les températures élevées et l'ensoleillement plus important accentuent sa production.

ENCADRÉ

La formation de l'ozone

Gaz naturellement présent à l'état de traces dans l'atmosphère, l'ozone se forme à partir de l'action du rayonnement solaire sur l'oxygène. Plus abondant à très haute altitude, entre 10 et 60 km, il constitue alors la « couche d'ozone » qui filtre les rayonnements UV du soleil et protège les organismes vivants sur Terre de leurs effets néfastes. À basse altitude, entre 0 et 10 km, sa teneur peut augmenter lorsqu'il se forme à partir de polluants émis par les activités humaines, ainsi que par la végétation, sous l'influence de températures élevées et d'un fort ensoleillement (figure 1).

Figure 1 : la formation d'ozone (O_3) dans la basse atmosphère



Les principaux polluants précurseurs de l'ozone dans la basse atmosphère sont les NO_x et les COV, mais le monoxyde de carbone peut aussi y contribuer. Les NO_x proviennent majoritairement des transports, en particulier du transport routier, et dans une moindre mesure de l'industrie et du chauffage résidentiel. Les secteurs d'activité qui rejettent le plus de COV sont le résidentiel, du fait de l'utilisation de solvants notamment, et l'industrie. La végétation constitue également une source importante de COV et les sols émettent des NO_x . Le méthane (CH_4), issu en majorité des activités agricoles, fait partie de la famille des COV.

La production d'ozone repose sur des cycles complexes de formation et de destruction de l'ozone par les NO_x , influencés par l'équilibre entre les concentrations des polluants précurseurs et par les conditions météorologiques. Les teneurs en ozone les plus élevées sont généralement observées dans des zones éloignées des sources de précurseurs, en milieu périurbain et rural où les niveaux de NO_x sont plus faibles et détruisent moins l'ozone. La longue durée de vie de l'ozone favorise son transport sur de longues distances, jusqu'à plusieurs milliers de kilomètres des sources d'émissions des précurseurs.

¹ Les pics correspondent à des concentrations élevées mesurées sur quelques heures consécutives. Leurs intensités sont caractérisées par les concentrations maximales atteintes.

Pollution à l'ozone : une situation encore préoccupante malgré des progrès

DES NIVEAUX MOYENS ANNUELS EN HAUSSE MALGRÉ DES PICS MOINS INTENSES SUR UNE PARTIE DU TERRITOIRE

En France, en moyenne, l'intensité des pics d'ozone a diminué sur la période 2000-2020, mais de manière non significative statistiquement, c'est-à-dire que le risque d'erreur en affirmant que l'indicateur baisse est élevé (graphique 1). À l'échelle des stations de mesure, l'intensité des pics d'ozone a baissé de manière significative pour 21 % d'entre elles. Les teneurs des pics restent élevées sur la dernière décennie, en moyenne 137 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, sans pour autant atteindre celles mesurées lors de la canicule de 2003.

La diminution de l'intensité des pics d'ozone sur une partie du territoire s'explique par la réduction des émissions des précurseurs d'ozone, résultat de la mise en œuvre de stratégies et plans d'action depuis plusieurs années aux niveaux français et européen, tels que le plan national de réduction des émissions de polluants atmosphériques. Sur la période 2000-2020, en France, les émissions de NO_x ont baissé de 62 %, celles des COV hors CH_4 de 54 % et celles de CH_4 de 20 %. Des améliorations similaires sont constatées au niveau européen, avec respectivement - 46 %, - 40 % et - 23 % d'émissions pour les NO_x , les COV hors CH_4 et le CH_4 sur la période 2000-2019.

Malgré ces progrès, la teneur annuelle moyenne en ozone augmente significativement en France, de 2000 à 2020 (graphique 1). À l'échelle des stations de mesure, la concentration annuelle croît significativement sur cette période pour 51 % d'entre elles tandis que 2 % des stations de mesure enregistrent une baisse significative. Pour les autres stations (47 %), les mesures ne permettent pas de détecter de tendance statistiquement significative. De précédentes analyses menées par le Laboratoire central de

surveillance de la qualité de l'air (LCSQA)² en France et par le centre thématique européen³ sur la pollution de l'air de l'Agence européenne pour l'environnement (AEE) au niveau européen partagent ces constats sur les tendances générales, respectivement sur les périodes 2000-2015 et 2005-2019.

Selon une étude récente⁴ du centre thématique sur la pollution de l'air de l'AEE, les conditions météorologiques ont joué un rôle important dans l'évolution des niveaux d'ozone en Europe sur la période 2000-2017 et ont contribué à limiter la baisse des pics d'ozone.

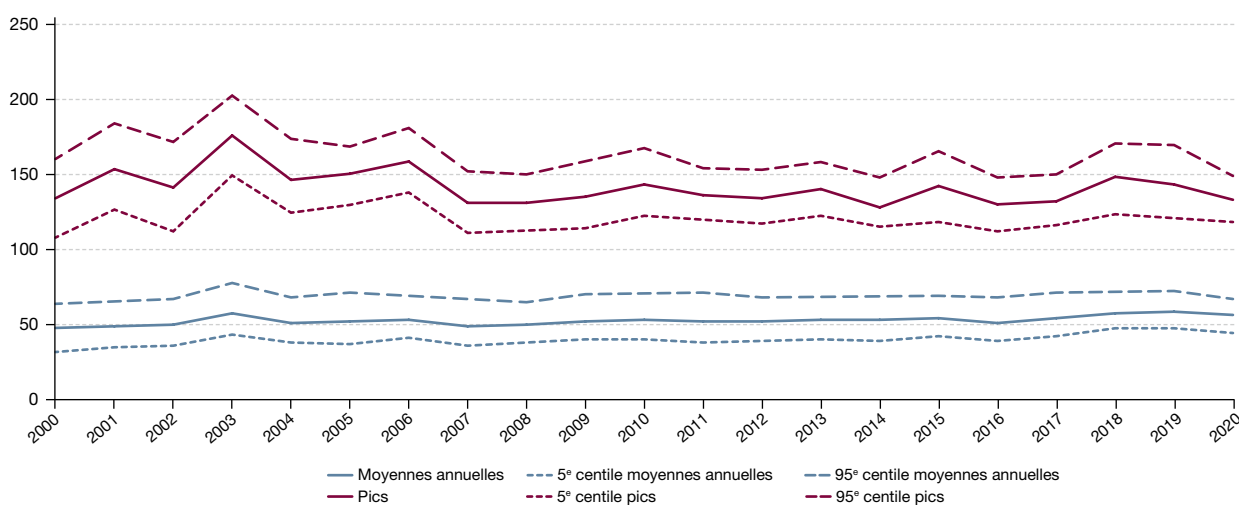
DES NIVEAUX D'OZONE SUSCEPTIBLES D'IMPACTER LA SANTÉ

Gaz irritant, l'ozone peut provoquer toux, essoufflement, irritations de la gorge, du nez et des yeux, déclencher des crises d'asthme, diminuer la fonction pulmonaire et favoriser l'apparition de maladies respiratoires et de troubles cardiovasculaires. Les enfants, les personnes âgées et les personnes atteintes de pathologies respiratoires y sont plus sensibles. Il peut avoir des effets sur la santé même à de faibles niveaux de concentration.

Selon Santé publique France⁵, l'exposition chronique à l'ozone serait responsable de près de 500 décès pour causes respiratoires chaque année en France, cet impact étant croissant du Nord vers le Sud. Les résultats d'études menées dans 18 villes françaises mettent en évidence que le risque de décès associé à une exposition à l'ozone augmente durant les journées de fortes chaleurs. Par ailleurs, l'AEE estime à 2 050 le nombre de décès prématurés dus à l'exposition à l'ozone en France en 2019 et à 16 800 en Europe.

Graphique 1 : évolution des teneurs en ozone de 2000 à 2020

En $\mu\text{g}/\text{m}^3$



Note de lecture : en 2020, le 5^e centile des moyennes annuelles est égal à 44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ce qui signifie que 5 % des stations de mesure ont des teneurs moyennes annuelles pour cette année inférieures à 44 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. À l'inverse, 5 % des stations ont des teneurs moyennes supérieures à 67 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (95^e centile).

Note : pour une année donnée, l'indicateur de suivi des pics de pollution à l'ozone correspond à la quatrième valeur la plus élevée du maximum journalier des moyennes glissantes sur huit heures.

Champ : France entière.

Source : Geod'air, juillet 2021. Traitements : SDES, 2022

² Analyse de tendances nationales en matière de qualité de l'air, LCSQA, septembre 2017, 111 p.

³ Long-term trends of air pollutants at national level 2005-2019, S. Solberg et al., © European Topic Centre on Air pollution, transport, noise and industrial pollution, 2021, 316 p.

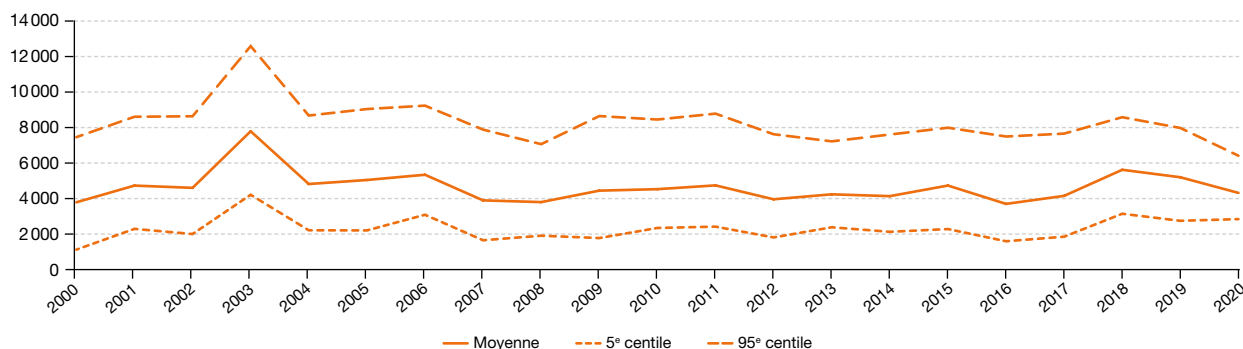
⁴ Understanding air quality trends in Europe. Focus on the relative contribution of changes in emission of activity sectors, natural fraction and meteorological variability, Augustin Colette, et al., © European Topic Centre on Air pollution, transport, noise and industrial pollution, mai 2021, 38 p.

⁵ Pollution atmosphérique : quels sont les risques ?, Santé publique France.

Pollution à l'ozone : une situation encore préoccupante malgré des progrès

Graphique 2 : évolution des teneurs en ozone selon l'indicateur sanitaire préconisé par l'OMS Europe, en moyenne, de 2000 à 2020

En $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{j}$



Note de lecture : en 2020, le 5^e centile de l'indicateur de l'OMS est égal à 2 932 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{j}$ ce qui signifie que pour 5 % des stations de mesure, les valeurs observées de cet indicateur pour cette année sont inférieures à 2 932 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{j}$. À l'inverse, pour 5 % des stations, les valeurs observées de l'indicateur sont supérieures à 6 451 $\mu\text{g}/\text{m}^3 \cdot \text{j}$ (95^e centile).

Note : l'indicateur préconisé par l'OMS pour estimer les impacts sanitaires de l'exposition à l'ozone, SOMO35, correspond au cumul des différences de concentrations entre le maxima journalier des moyennes glissantes sur 8 heures et 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$. La valeur de 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a été retenue compte tenu des incertitudes sur la forme de la fonction concentration-réponse à de très faibles concentrations. Cet indicateur n'est accompagné d'aucun seuil.

Champ : France entière.

Source : Geod'air, juillet 2021. Traitements : SDES, 2022

L'un des indicateurs sanitaires recommandé par l'Organisation mondiale de la santé (OMS) Europe⁶ mesure l'exposition chronique à une concentration supérieure à 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ de façon cumulée sur une année, une valeur positive de l'indicateur étant synonyme d'impacts potentiels sur la santé. Au-delà d'un pic très marqué en 2003 et, dans une moindre mesure, en 2018 liés à des épisodes exceptionnels de canicule, aucune tendance ne se dégage avec certitude, sur la période 2000-2020 pour cet indicateur (graphique 2). Au niveau des stations de mesure, l'indicateur de l'OMS baisse significativement pour 10 % d'entre elles et augmente de manière significative pour 3 %.

La réglementation européenne fixe des seuils pour la protection de la santé à court terme, en nombre de jours de dépassement du seuil de 120 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en maximum journalier des moyennes glissantes sur 8 heures. La situation des stations de mesure au regard de ces seuils est détaillée dans le document méthodologique joint à cette publication, ainsi que dans le Bilan annuel de la qualité de l'air extérieur.

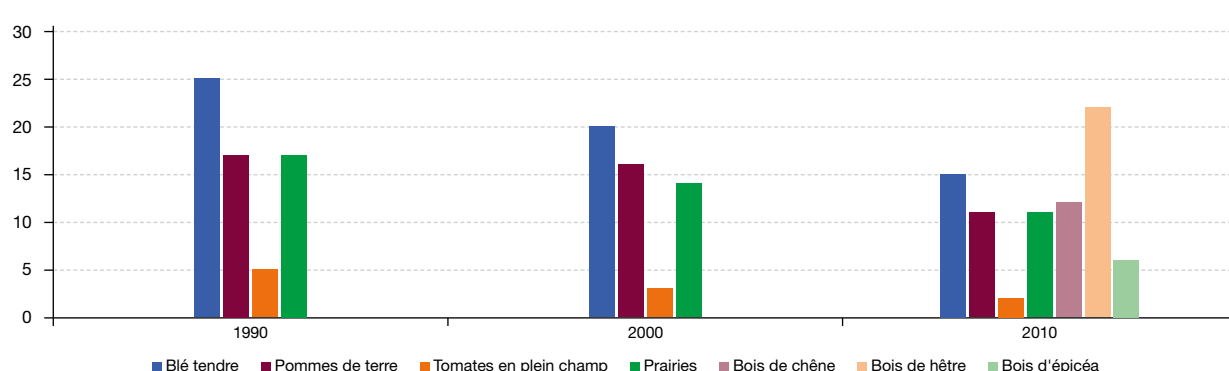
DES PERTES DE RENDEMENTS AGRICOLES ET SYLVICOLES LIÉES À L'OZONE ENCORE ÉLEVÉES, BIEN QU'EN BAISSÉ DEPUIS 1990

Les écosystèmes sont également touchés par la pollution à l'ozone. L'absorption de ce polluant endommage les cellules végétales, altérant la reproduction et la croissance des plantes et provoquant ainsi une baisse des rendements agricoles (quantitatifs et qualitatifs), une diminution de la croissance des forêts et même une réduction de la biodiversité.

Dans le cadre du programme de recherche Primequal, l'étude APOLLIO a permis d'évaluer les conséquences de la pollution à l'ozone sur les rendements quantitatifs agricoles et sylvicoles. Il en ressort que les pertes de rendements ont diminué sur la période 1990-2010 pour le blé tendre, les pommes de terre, les tomates en plein champ et les prairies. Néanmoins, ces pertes demeurent élevées en 2010 puisqu'elles représentent notamment 15 % pour le blé tendre (graphique 3).

Graphique 3 : évolution des pertes de rendements liées à l'ozone estimées lors de l'étude APOLLIO pour certaines cultures, les prairies et certaines essences d'arbres, de 1990 à 2010

En %



Champ : France métropolitaine.

Source : étude APOLLIO, mai 2019

⁶ Cet indicateur a été privilégié car il est très utilisé au niveau européen et permet de suivre l'exposition chronique généralement plus importante que l'exposition aiguë.

Les conséquences sur les rendements sont variables selon les zones géographiques, avec des impacts plus forts dans la partie nord de l'hexagone pour le blé tendre et dans l'extrême nord pour les pommes de terre. Pour les prairies, les effets sont visibles selon une diagonale allant de l'Aveyron à la Moselle. Les régions Auvergne-Rhône-Alpes, Bourgogne-Franche-Comté et Grand Est sont principalement concernées par les baisses de rendements pour les hêtres et épicéas alors que pour les chênes, les conséquences sont visibles selon une diagonale Nouvelle-Aquitaine à Grand Est.

Une étude récente du centre thématique sur la pollution de l'air de l'AEE a estimé les pertes de rendement de blé en Europe en 2019 en lien avec la pollution à l'ozone. Ces pertes s'élèvent à 8 et 9 % pour quelques pays et sont de 4,8 % pour la France.

UNE INFLUENCE DU CHANGEMENT CLIMATIQUE ET DU TRANSPORT À LONGUE DISTANCE DES POLLUANTS

En 2015, une méta-analyse menée par l'Institut national de l'environnement industriel et des risques (Ineris) a montré que, sous l'effet du changement climatique, les niveaux d'ozone pourraient augmenter de 2 à 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ en moyenne en été d'ici la fin du siècle en Europe. Les impacts les plus forts concernaient en premier lieu la France, l'Espagne, l'Italie et l'Europe centrale. Toutefois, l'effet du changement climatique sur les niveaux d'ozone ne serait pas suffisant pour annuler les bénéfices de la réduction des émissions des précurseurs d'ozone projetée à l'horizon 2050.

En 2013, le projet SALUT'AIR a étudié le poids relatif du changement climatique, du transport à longue distance et de la réduction des émissions de polluants en Europe sur les concentrations en ozone à l'horizon 2050. Il a mis en évidence l'importance du transport à longue distance des polluants, soulignant ainsi la nécessité d'entreprendre des actions coordonnées de réduction des émissions de polluants précurseurs au niveau européen, mais également international, en particulier pour le CH_4 .

Malgré l'influence du changement climatique et du transport à longue distance, la baisse des émissions de polluants en Europe resterait le facteur dominant de

l'évolution des concentrations futures d'ozone. Néanmoins cela suppose la mise en œuvre de stratégies ambitieuses de réduction des polluants.

MÉTHODOLOGIE

Cette publication est complétée par une note méthodologique qui détaille la construction des indicateurs des graphiques 1 et 2 et présente des indicateurs complémentaires, ainsi que les méthodes employées pour l'analyse des tendances.

DÉFINITIONS

Précurseurs : polluants déjà présents dans l'atmosphère qui, par des réactions complexes, vont produire d'autres polluants tels que l'ozone.

Sources biotiques de COV : espèces végétales (forêts, prairies et cultures), cultivées ou non, qui émettent naturellement des COV.

POUR EN SAVOIR PLUS

- Pollution atmosphérique à l'ozone : décryptage, Ineris, Les dossiers de l'Ineris, septembre 2020, 8 p.
- *Is the ozone climate penalty robust in Europe?*, Augustin Colette et al, 2015 Environ. Res. Lett. 10 084015.
- *Évaluation des stratégies de lutte contre la pollution de l'air à longue distance dans le contexte du changement climatique*, programme Primequal 2, Augustin Colette et al., juillet 2013, 138 p.
- *Coût économique pour l'agriculture des impacts de la pollution de l'air par l'ozone - APOLLIO : Analyse économique des impacts de la pollution atmosphérique de l'ozone sur la productivité agricole et sylvicole en France*. Schucht S., Tognet F., Colette A., Létinois L., Lenoble C., Agasse S., Mathieu Q. Rapport, mai 2019, 160 p.

Aurélie LE MOULLEC, SDES

Dépôt légal : juillet 2022
ISSN : 2557-8510 (en ligne)

Directrice de publication : Béatrice Sédillot
Rédacteur en chef : Hugues Cahen
Coordination éditoriale : Céline Blivet, Florence Patin
Infographie : Bertrand Gaillet
Maquettage et réalisation : Agence Efil, Tours

Commissariat général au développement durable

Service des données et études statistiques
Sous-direction de l'information environnementale
Tour Séquoia - 92055 La Défense cedex
Courriel : diffusion.sdes.cgdd@developpement-durable.gouv.fr

www.statistiques.developpement-durable.gouv.fr


**MINISTÈRE
DE LA TRANSITION
ÉCOLOGIQUE
ET DE LA COHÉSION
DES TERRITOIRES**
*Liberté
Égalité
Fraternité*


STATISTIQUE
PUBLIQUE