

INDICATEUR :

CONCENTRATION EN OZONE TROPOSPHÉRIQUE : MOYENNE ANNUELLE ET NOMBRE DE JOURS OÙ LA CONCENTRATION MAXIMALE SUR 8 HEURES A DÉPASSÉ LE SEUIL EUROPÉEN

THÈME: AIR

1 INTÉRÊT ET ÉLÉMENTS D'INTERPRÉTATION DE L'INDICATEUR

Question posée par l'indicateur :

Quelle est l'évolution de l'exposition de la population à l'ozone troposphérique ?
Les normes de protection de la santé sont-elles respectées ?

Contextualisation de l'indicateur :

Problématique environnementale décrite par l'indicateur :

L'ozone est un polluant typique de la période estivale en Europe occidentale, principalement de la mi-juin à la mi-août. L'ozone n'est pas émis directement dans l'air ambiant. Il est le résultat d'un processus complexe de réactions photochimiques. C'est pourquoi l'ozone est qualifié de polluant secondaire.

Naturellement, l'ozone est formé suite à la séparation des atomes d'une molécule d'oxygène (O₂) sous l'effet des rayonnements ultraviolet (UV) :



L'ozone est toujours présent en concentration relativement stable dans la zone de troposphère juste au-dessus de la couche de mélange.

Dans les couches inférieures de la troposphère (la couche de mélange), la concentration d'ozone est moins stable et peut varier de 0 à environ 200 à 250 µg/m³ les jours d'été de grande chaleur. Lors des périodes ensoleillées et par températures élevées, un processus de réactions photochimiques est initié, sous l'effet des rayons UV du spectre solaire, dans les masses d'air déjà polluées par des oxydes d'azote et des composés organiques volatiles (COV). La concentration d'ozone augmente en cours de journée et atteint sa valeur maximale en fin d'après-midi ou en soirée.

La concentration d'ozone en un endroit précis est ainsi toujours le résultat de deux processus simultanés : un processus de formation d'ozone évoluant assez lentement (plusieurs heures) et un processus de destruction d'ozone assez rapide (d'une à quelques minutes).



Cet équilibre est perturbé par le fait que le NO est en grande partie oxydé en NO₂ lors d'une réaction avec des radicaux provenant des composés organiques volatils (COV). Par conséquent, le NO n'est pas disponible pour la destruction d'ozone et le NO₂ formé peut à nouveau être scindé sous l'influence des rayons UV et former de l'ozone.



Ce processus en chaîne peut donner lieu à une formation d'ozone excédentaire, même en cas de faible concentration des précurseurs.

Le niveau de concentration mesuré dépend de nombreux paramètres : l'intensité des rayons UV et la durée de l'ensoleillement, la température, la nébulosité, l'hygrométrie, la stabilité des couches atmosphériques, la hauteur de la couche de mélange, la vitesse et la direction du vent, etc.

Remarque : En présence de trafic important et donc de NO en excès, l'équilibre chimique ci-dessus est déplacé dans le sens de la formation de NO₂ (réaction rapide, de l'ordre de quelques minutes) et, par conséquent, la destruction de l'O₃ est comparativement plus importante. Cela explique pourquoi dans un milieu urbain comme la Région de Bruxelles-Capitale, la concentration d'O₃ est moins importante que dans des zones rurales comme par exemple dans les Ardennes.

Même si l'ozone n'est pas un polluant typiquement urbain, il apparaît en première place parmi les indicateurs de la qualité de l'air vu son impact sur la santé et l'environnement. Plusieurs seuils sont définis au sein des directives européennes :

- entre 180 et 240 µg/m³ (valeur horaire), on constate une diminution de la fonction respiratoire de l'ordre de 5% auprès de la population moyenne et de 10% chez les personnes sensibles ;
- entre 240 et 360 µg/m³ (valeur horaire), cette diminution de la fonction respiratoire atteint 5 à 15% auprès de la population moyenne et est de 10 à 30% chez les personnes sensibles, avec possibilités de maux de tête, d'irritations des yeux, du nez et de la gorge ;
- au-delà de 360 µg/m³ (valeur horaire), tous ces effets sont ressentis plus sérieusement et la diminution de la fonction respiratoire est supérieure à 15% auprès de la population moyenne, et de plus de 30% chez les personnes sensibles; on constate également une diminution significative des performances physiques.

L'ozone a également un effet néfaste sur la végétation, tant au niveau des cellules des feuilles (dégâts foliaires sous forme de taches ou nécroses) que sur la croissance elle-même ou la productivité des cultures.

Contexte politique et légal :

La surveillance et le rapportage de la concentration en ozone dans l'air ambiant sont régis par la directive européenne 2008/50/CE. Cette directive a été adoptée le 21 mai 2008 et est d'application depuis le 11 juin 2008 (la transposition a dû être réalisée dans chaque Etat membre avant le 11 juin 2010).

Objectifs quantitatifs à atteindre et, le cas échéant, statut :

La directive 2008/50/CE n'impose pas de valeur limite (légalement contraignante), mais une « **valeur cible** » pour l'ozone troposphérique, c'est-à-dire un niveau fixé dans le but d'éviter à long terme des effets nocifs sur la santé humaine et/ou sur l'environnement dans son ensemble, à atteindre là où c'est possible sur une période donnée. Plus précisément, la directive fixe deux valeurs cibles pour la concentration en ozone troposphérique : une pour la protection de la santé publique et une autre pour la protection de la végétation¹ (voir le tableau ci-dessous). L'année 2010 est la première année dont les données sont prises en compte pour évaluer le respect des valeurs cibles.

La directive fixe également des « **objectifs à long terme** » pour assurer la protection de la santé publique et de la végétation. Il s'agit de valeurs seuils en-dessous desquelles, selon les connaissances scientifiques actuelles, des effets nocifs directs sur la santé humaine et/ou sur l'environnement dans son ensemble sont peu probables. Sauf lorsque cela n'est pas faisable par des mesures proportionnées (ou, en d'autres termes, efficaces au regard de leurs coûts), cet objectif doit être atteint à long terme afin d'assurer une protection efficace de la santé humaine et de l'environnement.

¹ La valeur cible pour la protection de la végétation est l'AOT40, elle n'est pas reprise dans l'indicateur pour l'ozone troposphérique.



Cette directive fixe en outre un « **seuil d'information** » et un « **seuil d'alerte** » pour la concentration en ozone troposphérique. Le « seuil d'information » est un niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé humaine chez les groupes particulièrement sensibles de la population et à partir duquel des informations actualisées sont nécessaires. Le « seuil d'alerte » est un niveau au-delà duquel une exposition de courte durée présente un risque pour la santé de l'ensemble de la population et à partir duquel les États membres prennent éventuellement des mesures, pour autant que celles-ci soient utiles, conformément aux articles relatifs à l'information du public et aux plans d'action à court terme de la directive.

Valeurs cibles pour l'exposition à l'ozone dans l'air ambiant , d'application à partir de 2010

Source: directive 2008/50/CE, annexe VII

Protection	Valeur d'appréciation	Valeur cible	Nombre de dépassements autorisé	1ère année dont les données seront utilisées pour calculer la conformité	Objectif long terme (date non précisée)
Santé publique	Maximum journalier des concentrations* sur 8 heures	120 µg/m³	25 jours par an (en moyenne sur 3 ans)	2010	120 µg/m³ (plus aucun dépassement)
Végétation	AOT-40**	18000 (µg/m³)*h (moyenne sur 5 ans)		2010	6000 (µg/m³)*h

* calculées sur base des moyennes glissantes sur 8 heures. Ces moyennes sont calculées à partir de données horaires et actualisées toutes les heures.

** formule calculée à partir des valeurs sur 1 h de mai à juillet (entre 8h et 20h, temps de l'Europe centrale)

Jusqu'en 2005, l'**Organisation Mondiale pour la Santé (OMS)** recommandait une concentration de 120 µg/m³ comme valeur maximale journalière des moyennes glissantes sur 8 heures (valeur cible). Depuis 2021, cette valeur maximale a été abaissée à 100 µg/m³, avec maximum 3 à 4 dépassements recommandés.

Depuis 2021, l'OMS prévoit également une valeur recommandée de 60 µg/m³ pour la moyenne des maxima journaliers de la moyenne glissante sur 8 heures, pendant la période de pics d'ozone (période chaude de l'année). Cette période de référence est définie comme la moyenne glissante sur 6 mois présentant la moyenne la plus élevée de l'année.

2 FONDEMENTS MÉTHODOLOGIQUES

Définition :

Deux indicateurs sont envisagés :

- les concentrations moyenne et médiane annuelles en O₃ à la station d'Uccle : la moyenne est obtenue en faisant le rapport entre la somme des valeurs mesurées et leur nombre. La médiane correspond au percentile 50 des valeurs mesurées ;
- le nombre de jours où la concentration maximale des moyennes glissantes sur 8 heures a dépassé la valeur cible de 120 µg/m³ fixée par l'UE pour la protection de la santé publique, à la station d'Uccle.

Unité : µg/m³ et nombre de jours respectivement



Mode de calcul et données utilisées :

Les concentrations moyennes et médianes annuelles sont obtenues à partir des données mesurées dans les stations de mesure du réseau télémétrique de la Région bruxelloise, en valeurs horaires sans arrondi intermédiaire. La moyenne et la médiane sont calculées pour une année calendrier (du 1 janvier au 31 décembre). Seules les mesures collectées à la station d'Uccle (code 41R012) sont utilisées pour calculer la valeur de l'indicateur. Par rapport à la moyenne, la médiane présente l'avantage de ne pas être influencée par les valeurs extrêmes.

Le nombre de jours où la concentration maximale des moyennes glissantes sur 8 heures dépasse le seuil de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ est également calculé à partir des concentrations en ozone mesurées dans l'air ambiant à la station d'Uccle. Ces moyennes maximales en ozone sur 8 heures sont déterminées à partir des valeurs horaires et exprimées en heure de l'Europe centrale.

Ce nombre de jours est ensuite comparé aux 25 jours maximum de dépassement autorisés, nombre calculé en tant que moyenne sur 3 ans à partir du 1^{er} janvier 2010. L'année 2010 est donc la première année dont les données sont utilisées pour vérifier le respect de la valeur cible (c.-à-d. la moyenne des jours de dépassements sur la période 2010-2012).

La valeur maximale journalière des moyennes glissantes sur 8 heures est arrondie. De façon générale, l'arrondi n'est effectué que sur le résultat final et c'est ce dernier qui est comparé aux valeurs européennes.

L'objectif de cet indicateur étant de caractériser l'évolution de l'exposition de la population à l'ozone à Bruxelles, et de vérifier le respect des normes pour l'ozone troposphérique en tout endroit de la Région bruxelloise, la station d'Uccle apparaît comme le choix idéal car elle présente généralement les concentrations les plus élevées à Bruxelles en raison de sa moindre exposition aux émissions directes du trafic (comme la station est située en zone résidentielle, il y a moins de NO présent, donc moins de destruction d'ozone).

La méthode de mesure de la concentration en ozone est expliquée dans le rapport « qualité de l'air en région de Bruxelles-Capitale, période estivale », pages 8-9 et dans le rapport technique « ozone et dioxyde d'azote ».

Source des données utilisées :

Bruxelles Environnement, Département Laboratoire Qualité de l'air, sur base des données brutes provenant du réseau télémétrique. Pour contrôler la validité des données lors de leur agrégation et du calcul des paramètres statistiques, les critères de la directive 2008/50/CE et les recommandations de la décision 2011/850/EC sont utilisés.

Périodicité conseillée de mise à jour de l'indicateur :

Annuelle

3 COMMENTAIRES RELATIFS A LA MÉTHODOLOGIE OU A L'INTERPRÉTATION DE L'INDICATEUR

Limitation / précaution d'utilisation de l'indicateur :

La dispersion spatiale de la concentration en ozone n'est pas homogène.

Elle dépend surtout du processus de destruction d'ozone qui peut varier d'un endroit à l'autre :

- Dans les endroits où il y a un surplus d'oxyde d'azote NO, la destruction de l'ozone l'emporte sur la formation de l'ozone. C'est le cas dans les centres-villes et à proximité des axes routiers.
- Vu à plus grande échelle, c'est en périphérie des grandes villes et aux endroits avec peu de trafic qu'on observe les concentrations en ozone les plus élevées car les faibles



émissions de NO limitent la consommation de l'ozone : c'est le cas des stations rurales (inexistantes en RBC) et des stations urbaines situées dans une zone résidentielle (Uccle, Berchem-Ste-Agathe).

Lors de la lecture des histogrammes qui indiquent le nombre de jours de dépassement en tant que moyenne sur 3 ans, il est important de noter que l'année indiquée sur l'axe des abscisses correspond à la dernière année de chaque période de 3 ans. Par exemple, la valeur qui se trouve à 2012 correspond à la moyenne des années 2010 à 2012.

Difficultés méthodologiques rencontrées :

Les difficultés méthodologiques rencontrées au niveau de la méthode de mesure proprement dite et de la représentativité spatiale des stations de mesures sont présentées dans les rapports techniques référencés dans le point 6 ci-dessous.

Pour contrôler la validité lors de l'agrégation des données et du calcul des paramètres statistiques, la directive 2008/50/CE a imposé des critères sur les paramètres suivants [annexe I, point A ; annexe VII, point A.2] :

- Les valeurs horaires (qui sont les données de base) : pour obtenir une valeur horaire valide, la proportion requise de données valides est de 75% (45 minutes).
- Les valeurs relevées sur 8 heures : 75% des valeurs au moins (soit 6 heures) doivent être disponibles pour calculer une moyenne valide sur 8 heures.
- La moyenne journalière maximale sur 8 heures, calculée à partir des moyennes horaires glissantes sur 8 heures : 75% des moyennes horaires glissantes sur 8 heures (soit 18 moyennes horaires sur 8 heures par jour) doivent être obtenus.
- Moyenne annuelle : 75% des valeurs sur une heure mesurées d'avril à septembre et 75% des valeurs mesurées de janvier à mars et d'octobre à décembre, mesurées séparément.
- Le nombre de dépassements et valeurs maximales par mois : 27 valeurs quotidiennes doivent être disponibles chaque mois. De plus, cette condition doit être satisfaite au moins 5 mois sur 6 durant la période d'avril à septembre.
- Le nombre de dépassements et valeurs maximales par an : pour les mois d'été, d'avril à septembre, 90% des données au minimum sont requis ; pour les mois d'hiver, d'octobre à février, 75% des données sont requis au minimum.

Lorsque la moyenne sur trois ans ne peut être déterminée à partir d'une série complète et consécutive de données, les données annuelles minimales requises pour le contrôle du respect de la valeur cible pour la protection de la santé humaine sont les données valides pendant un an [annexe VII, point B].

Depuis 2006, le temps d'intégration minimal des données brutes correspond à 60 minutes. Avant cette date, le Département Laboratoire Qualité de l'air basait ses calculs sur des valeurs semi-horaires, sur lesquelles un arrondi avait été réalisé.

Depuis 2012, le calcul des paramètres statistiques se fait selon les recommandations du « Commission Implementing Decision 2011/850/EC laying down rules for Directives 2004/107/EC and 2008/50/EC of the European Parliament and of the Council as regards the reciprocal exchange of information and reporting on ambient air quality » publiées le 12 décembre 2011.

4 LIENS AVEC D'AUTRES INDICATEURS OU DONNÉES (RAPPORTS SUR L'ÉTAT DE L'ENVIRONNEMENT BRUXELLOIS)

- Qualité de l'air : concentration en NO₂
- Qualité de l'air : concentration en particules fines (PM10 primaires)
- Emissions de précurseurs d'ozone (NO_x, COV, CO et CH₄)



5 PRINCIPALES INSTITUTIONS IMPLIQUÉES DANS LE DÉVELOPPEMENT D'INDICATEURS SIMILAIRES (EUROPE, BELGIQUE, AUTRE SI PERTINENT)

Région wallonne :

SPW Environnement - Département de l'Étude du milieu naturel et agricole (DEMNA) – Direction de l'état environnemental (DEE)

Etat de l'environnement wallon / Indicateurs environnementaux / Composantes environnementales et lien environnement-santé / Air et climat / Ozone dans l'air ambiant (santé).

Disponible sur :

<http://etat.environnement.wallonie.be/contents/indicator sheets/AIR%208.eew-sheet.html#>

Région flamande :

VMM

Lucht / [Ozon](#) / Ozonconcentratie / Ozonconcentratie (O₃) in de omgevingslucht

Disponible sur :

<https://www.vmm.be/lucht/ozon/ozonconcentratie>

Lucht / [Ozon](#) / Ozonoverschrijdingsdagen / Ozonoverschrijdingsdagen (NET60)

Disponible sur :

<https://www.vmm.be/lucht/ozon/ozonoverschrijdingsdagen>

Union européenne :

AEE

Europe's air quality status in 2023

Disponible sur :

<https://www.eea.europa.eu/publications/europes-air-quality-status-2023>

Indicateur : Exceedance of air quality standards in urban areas

Disponible sur :

<https://www.eea.europa.eu/ims/exceedance-of-air-quality-standards>

6 RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES (MÉTHODOLOGIE, INTERPRÉTATION)

- Bruxelles Environnement. Département Laboratoire Qualité de l'air, juillet 2023. « La qualité de l'air en Région de Bruxelles-Capitale – Rapport annuel 2022 », rapport technique, 70 pages.
Disponible sur :
https://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/RAP_2022_AirQualityAnnualReport_fr.pdf
- Bruxelles Environnement. Département Laboratoire Qualité de l'air, Juin 2012. « La qualité de l'air en Région de Bruxelles-Capitale, mesures à l'immission 2009-2011 », rapport technique, 363 pages.
Disponible sur :
http://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/QAir_Rpt0911_corr_ssAnnexesB_C_D_E_fr.PDF
- Bruxelles Environnement. BRASSEUR OLIVIER, janvier 2011. « Ozone et Dioxyde d'Azote », rapport technique, 45 pages.
Disponible sur :
http://document.environnement.brussels/opac_css/elecfile/Air_Labo_o3_no2.PDF
- EEA, 2023. "Europe's air quality status in 2023".
Disponible sur :
<https://www.eea.europa.eu/publications/europes-air-quality-status-2023>



- OMS, « Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air Résumé d'orientation », 2021, 16 pages.
Disponible sur :
<https://apps.who.int/iris/bitstream/handle/10665/346555/9789240035423-fre.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

7 COUVERTURE SPATIO-TEMPORELLE

Série temporelle disponible : 1986-2022²

Couverture spatiale des données : 6 stations du réseau télémétrique de Bruxelles Environnement mesurent actuellement les concentrations en ozone troposphérique, mais seule la station d'Uccle est reprise dans l'indicateur.

Date de dernière mise à jour de l'indicateur : novembre 2023

Date de dernière mise à jour de cette fiche méthodologique : novembre 2023

² Si l'on se réfère à l'annexe XI de la directive 2008/50/CE, 90% des valeurs sur une heure ou (si elles ne sont pas disponibles) des valeurs relevées sur 24h pendant une année doivent être obtenus pour avoir une moyenne annuelle valide. Dans le cas de l'ozone, les pourcentages de disponibilité des concentrations horaires par année, qui sont supérieurs ou égaux à 90%, commencent seulement en 1999.

