

Note de cadrage

Travaux financés par le ministère chargé de l'environnement

MESURES REGLEMENTAIRES DES CONCENTRATIONS EN OZONE : PROCESSUS D'IMPLEMENTATION DE LA NOUVELLE VALEUR DE LA SECTION EFFICACE D'ABSORPTION DE L'OZONE

Tatiana Macé (LCSQA-LNE), Clothilde Mantelle (LCSQA-
INERIS)

Vérifié par François Mathé, le 06 décembre 2024

Approuvé par Tatiana Macé, le 20 décembre 2024

OBJET

L'ozone étant considéré comme un polluant gazeux nocif pour la santé humaine et les écosystèmes, il est identifié comme polluant réglementé pour l'air ambiant (cf. directives européennes 2015/1480 [1] et 2008/50/CE [2] récemment fusionnées et révisées (en incluant la directive 2004/107/CE [3])) en une nouvelle directive 2024/2881 du 23 octobre 2024 [4]). A ce titre, l'ozone fait l'objet d'une surveillance par les autorités gouvernementales chargées de l'application des réglementations, les réseaux de surveillance de la qualité de l'air, les industries et d'autres acteurs aux niveaux national et mondial.

Les mesures d'ozone actuellement réalisées dans l'ensemble des états aux niveaux européen et mondial sont basées sur le principe de la photométrie UV, ce qui implique l'utilisation de la section efficace d'absorption de l'ozone. En 2019, une étude menée par le Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) a conduit à la détermination d'une nouvelle valeur consensuelle de la section efficace d'absorption de l'ozone impliquant une augmentation des valeurs mesurées d'ozone de 1,3% lors de sa mise en application.

Cette note de cadrage fournit donc la nouvelle valeur de la section efficace d'absorption de l'ozone à appliquer ainsi que l'incertitude élargie associée et décrit le processus de mise en place de cette nouvelle valeur pour les Associations Agréées de Surveillance de la Qualité de l'Air (AASQA).

Groupement d'intérêt scientifique

L'année 2025 sera une année transitoire durant laquelle les analyseurs d'ozone seront progressivement réglés avec cette nouvelle valeur par l'ensemble des organismes réalisant des mesures d'ozone, l'objectif étant que **cette modification des appareils soit effective pour l'ensemble des Etats aux niveaux européen et mondial au 1^{er} janvier 2026.**

En ce qui concerne les données de mesures, l'objectif est qu'à l'issue de cette année de transition, l'ensemble des données d'ozone mesurées sur le principe de la photométrie UV horodatées entre le 1^{er} janvier 2025 et le 31 décembre 2025 soient exprimées au regard de la nouvelle valeur de la section efficace d'absorption de l'ozone.

Aucune correction ne sera effectuée sur les données de mesures antérieures au 31 décembre 2024, suite à la modification de la valeur de la section efficace d'absorption de l'ozone.

Cette note s'adresse donc aux AASQA, mais également aux scientifiques de l'atmosphère, aux fabricants d'instruments, aux modélisateurs et aux autres communautés qui s'intéressent à l'ozone en tant que polluant et qui réalisent des mesures d'ozone.

1. CONTEXTE

L'ozone étant considéré comme un polluant nocif pour la santé humaine et les écosystèmes, il est identifié comme polluant réglementé pour l'air ambiant et à ce titre, il fait donc l'objet d'une surveillance par les autorités gouvernementales chargées de l'application des réglementations, les réseaux de surveillance de la qualité de l'air, les industries et d'autres acteurs au niveau national et mondial.

Pour réaliser cette surveillance, dans les années 1980, l'Agence américaine de Protection de l'Environnement (EPA) et le National Institute of Standards and Technology (NIST) aux Etats-Unis ont développé, dans le cadre d'une collaboration, un photomètre de référence SRP (Standard Reference Photometer) qui a été ensuite considéré comme étalon primaire par de nombreux pays réalisant des mesures d'ozone dont la France. La méthode de référence mise en œuvre par le photomètre de référence SRP pour les mesures d'ozone est basée sur la photométrie UV et la loi de Beer-Lambert qui implique d'utiliser la section efficace d'absorption de l'ozone. Lors du développement du photomètre de référence SRP, le NIST s'est appuyé sur un guide d'étalonnage des mesures d'ozone rédigé par l'EPA en 1979, qui préconisait d'utiliser la section efficace d'absorption de l'ozone à la longueur d'onde de la raie du mercure (253,65 nm) comme valeur de référence ; cette valeur avait été déterminée en 1961 [5]. Cependant, depuis 1961, les résultats de plusieurs études scientifiques ont remis en question cette valeur conventionnellement acceptée. Par conséquent, le Bureau International des Poids et Mesures (BIPM) a été mandaté pour mener des travaux qui ont conduit à l'établissement d'une valeur consensuelle de la section efficace d'absorption de l'ozone en 2019. Les résultats obtenus ont alors mis en évidence que l'application de cette nouvelle valeur allait impliquer une augmentation de 1,3% des mesures de concentrations d'ozone [6][7].

Pour répondre aux obligations réglementaires des directives européennes 2015/1480 et 2008/50/CE récemment fusionnées et révisées (en incluant la directive 2004/107/CE) en une nouvelle directive 2024/2881 du 23 octobre 2024, dès les années 2000, le LNE a mis en place, dans le cadre du Laboratoire Central de Surveillance de la Qualité de l’Air (LCSQA), une chaîne nationale de traçabilité métrologique pour l’ozone [8]. Le LCSQA-LNE s’est alors équipé de 2 photomètres de référence (SRP-24 et SRP-40) et a défini un processus pour raccorder les mesures effectuées par les analyseurs des stations de mesure sur l’ensemble du territoire français à son étalon primaire SRP du NIST. Impliqué dans les groupes de travail du Comité Consultatif de la Quantité de Matière (CCQM) en tant qu’Institut National de Métrologie, le LNE a suivi les travaux scientifiques du BIPM et a informé le dispositif de surveillance de la qualité de l’air de la progression de ces travaux.

Un guide comprenant des lignes directrices sur la mise en œuvre de la nouvelle valeur de la section efficace d'absorption de l'ozone [9] a été diffusé par le BIPM en avril 2024, sur lequel le LCSQA-LNE s’est appuyé dès juin 2024 pour définir avec l’ensemble des membres du dispositif de surveillance de la qualité de l’air et au travers des différentes instances, un processus permettant d’implémenter cette valeur au plus tard pour le 1^{er} janvier 2026 pour répondre aux obligations réglementaires.

2. SYNTHÈSE DES VALEURS DE SECTION EFFICACE D'ABSORPTION DE L'OZONE

Lors du développement du photomètre de référence SRP, le NIST s’est appuyé sur un guide d’étalonnage des mesures d’ozone rédigé par l’EPA en 1979, qui indiquait d’utiliser la section efficace d'absorption de l'ozone à la longueur d’onde de la raie du mercure (253,65 nm) [5] comme valeur de référence à savoir :

- Valeur de la section efficace d'absorption de l'ozone : $1,147 \cdot 10^{-17} \text{ cm}^2 \text{ molecule}^{-1}$
- Incertitude élargie : 2,1 %

Les résultats de plusieurs études ayant remis en question cette valeur, le BIPM a de nouveau déterminé la section efficace d'absorption de l'ozone [6]. Les données de quatorze séries de mesures indépendantes des sections efficaces d'absorption de l'ozone déterminées à la température ambiante et à la longueur d'onde de la raie du mercure (253,65 nm) couvrant les années 1959-2016 ont été ensuite analysées. En se basant sur cette étude bibliographique, il a été établi une valeur consensuelle [7], à savoir :

- Valeur de la section efficace d'absorption de l'ozone : $1,1329 \cdot 10^{-17} \text{ cm}^2 \text{ molecule}^{-1}$
- Incertitude élargie : 0,62 %

En conclusion, la valeur consensuelle déterminée en 2019 est inférieure de 1,3% par rapport à celle obtenue par A.G. Hearn en 1961, mais comme cette valeur est au dénominateur de la loi de Beer-Lambert, ceci implique une augmentation de 1,3% des valeurs de concentrations d’ozone. La modification de cette valeur entraînera également une diminution de l’incertitude élargie sur les valeurs de raccordement des étalons mis en œuvre dans le cadre de la chaîne nationale de traçabilité métrologique.

3. PRINCIPE DE DISSEMINATION DE LA NOUVELLE VALEUR DE LA SECTION EFFICACE D'ABSORPTION DE L'OZONE

Selon les recommandations du guide du BIPM, il a été statué de mettre en œuvre la nouvelle valeur de la section efficace d'absorption de l'ozone par le biais des chaînes de traçabilité métrologique et des différents raccordements effectués tout au long de cette chaîne.

En France, dans le cas de l'ozone, cette chaîne est constituée de 3 niveaux : le LCSQA-LNE en tant que Niveau 1, des laboratoires d'étalonnage inter-régionaux (au nombre de 6) en tant que Niveau 2 et les stations de mesures en tant que Niveau 3. Elle est organisée de la façon suivante :

- LCSQA-LNE : Etalonnage (en plusieurs points, zéro inclus) des générateurs de référence des laboratoires de niveaux 2 avec le photomètre de référence SRP du NIST du LCSQA-LNE ;
- Laboratoires de niveaux 2 : Etalonnage (en deux points, zéro inclus) des générateurs de transfert des niveaux 3 avec les générateurs de référence des laboratoires de niveaux 2 ;
- Niveaux 3 : Etalonnage des analyseurs des stations de mesure avec les générateurs de transfert des niveaux 3.

Etant impliqué dans les groupes de travail du CCQM, le LNE a pu anticiper ces changements dès mars 2023 en mettant à jour son photomètre de référence NIST- SRP40 par le BIPM (changement du boîtier électronique et implémentation de quatre sondes de température au niveau de la cellule de mesure). De plus, le BIPM a réalisé une mise à jour du logiciel rendant ainsi possible la modification de la valeur de la section efficace d'absorption de l'ozone. Le deuxième photomètre de référence NIST- SRP24 sera remis à niveau courant 2025. Le LCSQA-LNE a également mené une étude pour estimer les incertitudes élargies sur les fractions molaires d'ozone mesurées lors des étalonnages des générateurs de référence des laboratoires de niveaux 2 au vu de la mise en œuvre de la nouvelle valeur de la section efficace d'absorption de l'ozone et de son incertitude associée.

La dissémination de la nouvelle valeur de la section efficace d'absorption de l'ozone s'effectuera donc en implémentant la nouvelle valeur dans le software du photomètre de référence SRP du LCSQA-LNE et en propageant cette valeur et son incertitude élargie associée tout au long de la chaîne de traçabilité métrologique jusqu'aux stations de mesure par le biais des différents étalonnages effectués à chaque niveau de la chaîne.

4. PROCESSUS D'IMPLEMENTATION ET METHODES DE CORRECTION DES DONNEES DE MESURE D'OZONE SUR L'ANNEE 2025

Au cours de l'année 2025, les analyseurs d'ozone par photométrie UV seront progressivement réglés avec la nouvelle section efficace d'absorption-(délai de réalisation au 01/01/2026).

A l'issue de l'année 2025, toutes les données de mesures d'ozone mesurés par photométrie UV sur l'année 2025 devront être exprimées vis-à-vis de la nouvelle section efficace d'absorption :

- Soit mesuré avec l'analyseur réglé avec la nouvelle section efficace d'absorption dans le courant de l'année 2025,
- Soit, pour la partie de l'année 2025 précédant le réglage, mesuré avec un analyseur qui s'appuie encore sur l'ancienne section efficace d'absorption, mais dont les données de mesure auront été corrigées comme si elles avaient été mesurées avec la nouvelle valeur.

Après discussion avec les différentes instances du dispositif de surveillance de la qualité de l'air, il a été identifié deux méthodes faisant consensus avec l'ensemble des AASQA pour implémenter la nouvelle valeur au cours de l'année 2025.

L'AASQA pourra donc choisir, parmi les deux méthodes décrites ci-après, celle qu'elle mettra en œuvre pour répondre à l'exigence réglementaire d'implémentation de la nouvelle valeur de la section efficace d'absorption de l'ozone sur son territoire géographique.

4.1 Méthode de correction « *anticipée* »

Cette méthode consiste à appliquer en temps réel, dès le 1^{er} janvier 2025, un coefficient de correction sur les données mesurées par les analyseurs d'ozone et à supprimer cette correction au fil de l'eau lors des opérations de QA/QC (réglage) planifiées sur les analyseurs en station de mesure durant l'année 2025.

Cette méthode est décrite ci-après :

- Configurer le coefficient de correction 1,013 pour une application automatique sur les données de mesures de concentrations d'ozone au 1^{er} Janvier 2025 :
 - Soit par une correction appliquée dans le poste central (dans la partie « *traitement serveur* » d'Xr ou Polair) (cf. annexe),
 - Soit par une correction appliquée dans les stations d'acquisition (via le coefficient de linéarisation « *coefA* »),
 - Soit directement dans les analyseurs d'ozone selon les préconisations du fabricant.
- Supprimer l'application de cette correction automatique au fil de l'eau pour les mesures de l'analyseur lorsqu'il aura été réglé en station, lors de l'opération de QA/QC (réglage) planifiée en 2025.

Notes :

- La correction automatique ne pourra pas être configurée en temps réel pour toutes les mesures d'ozone au 1^{er} janvier 00h00, aussi il conviendra de corriger par le biais de la validation les données non corrigées entre 1^{er} janvier 2025 00h00 et l'application effective du coefficient de correction.
- Cette méthode par correction anticipée est la méthode recommandée par le LCSQA dans la mesure où si elle est appliquée à l'ensemble des mesures de l'AASQA elle permet de garantir l'homogénéité (géographique et temporelle) des mesures d'ozone produites aux cours de l'année 2025.

4.2 Méthode de correction « en différé »

Cette méthode consiste à réaliser le réglage des analyseurs au jour J selon le planning de QA/QC (réglage) de l'année 2025 et à corriger de manière rétroactive toutes les valeurs de concentrations d'ozone obtenues entre le 1^{er} janvier 2025 et le jour J, avec un coefficient de correction de 1,013.

Cette méthode est décrite ci-après :

- Régler l'analyseur de chaque station de mesure conformément au planning fixé pour l'année 2025 (jour J),
- En fin d'année 2025 ou juste après l'opération de QA/QC (réglage), corriger via le processus de validation les données de mesures d'ozone avec le coefficient de correction 1,013 pour la période comprise entre le 1^{er} janvier 2025 et le jour J où l'analyseur a été réglé en station.

Note :

Cette méthode par correction en différée n'est pas la méthode privilégiée par le LCSQA. Néanmoins, elle présente l'intérêt de tracer plus efficacement, au travers des étapes de validation, le processus de correction des mesures.

5. REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

[1] Directive (UE) 2015/1480 de la Commission du 28 août 2015 modifiant plusieurs annexes des directives du Parlement européen et du Conseil 2004/107/CE et 2008/50/CE établissant les règles concernant les méthodes de référence, la validation des données et l'emplacement des points de prélèvement pour l'évaluation de la qualité de l'air ambiant

[2] Directive 2008/50/CE du parlement européen et du conseil du 21 mai 2008 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe

[3] Directive 2004/107/CE du parlement européen et du conseil du 15 décembre 2004 concernant l'arsenic, le cadmium, le mercure, le nickel et les hydrocarbures aromatiques polycycliques dans l'air ambiant

[4] Directive 2024/2881 du parlement européen et du conseil du 23 octobre 2024 concernant la qualité de l'air ambiant et un air pur pour l'Europe

[5] Hearn A.G., 1961, The absorption of ozone in the ultra-violet and visible regions of the spectrum Proc. Phys. Soc. 78 932–40

[6] Accurate measurements of ozone absorption cross-sections in the Hartley band, J. Viallon, S. Lee, P. Moussay, K. Tworek, M. Petersen, and R. I. Wielgosz, Atmos. Meas. Tech., 8, 1245–1257, 2015, doi:10.5194/amt-8-1245-2015

[7] Recommendation of a consensus value of the ozone absorption cross-section at 253.65 nm based on a literature review, J T Hodges, J Viallon, P J Brewer, B J Drouin, V Gorshchev, C Janssen, S Lee, A Possolo, M A H Smith, J Walden and R I Wielgosz, Metrologia 56 (2019) 034001 (12pp), <https://doi.org/10.1088/1681-7575/ab0bdd>

[8] Maintien de la chaîne nationale de traçabilité métrologique mise en œuvre pour la surveillance de la qualité de l'air, Fabien Mary, rapport LCSQA-LNE, décembre 2022, file:///C:/Users/mace/Downloads/LCSQA2022-

Contr%C3%B4le%20qualit%C3%A9%20de%20la%20cha%C3%AEne_LNE_d%C3%A9cembre%202022_VF.pdf

[9] Rapport BIPM – 2024/03 – Guidelines how to implement the new absorption cross-section for ozone concentration measurements

ANNEXE

Configuration

Non sécurisé | <https://192.168.65.28443/ewks/config/?lang=fr>

Importer les favoris | Xr_host_only | Xr res 1 | Xr Cloud | cisco

eWorkstation

Général

Mesures

IN_O3_n3

5/6

Avancé

Short Term Average

Traitement serveur

Long Term Average

Autres

Sites (1)

Equipements déclarés (1)

Equipements affectés (1)

Modèle d'équipement (1)

Alarmes mesure (0)

Défauts mesures (0)

Profil de calibrage (0)

Demandes

Evénements

Aide

Traitement serveur

Transformation brut-net

Unité après conversion *

microg/m3

Position de la virgule fixe

#

x1 = x0 * Coefficient de mise en grandeur physique

Coefficient

1.013

x2 = x1 - Offset

Offset

0

x3 = A * x2 + B

Coefficient A

1

Coefficient B

0

x5 = FCONitbn * x4

Coefficient FCONitbn

1

Durée de rétro datage

0 Minute

Invalidation automatique de toutes les données

Explorateur

Fermer | Imprimer | Retour

Précédent | Suivant

Modifier | Créer | Supprimer | Téléconfigurer | Valider | Annuler

Équipements affectés

- 100E (M-Ce-15124)
 - Mesures
 - IN_S02_n1
 - Copies
- 200E NOX (M-Ce-15320)
 - Mesures
 - IN_NO2_n1
 - IN_NOX_n1
 - IN_NO_n1
 - Copies
- 300 CO (M-Ce-15122)
 - Mesures
 - IN_CO_n4
 - Copies
- 400E O3 (M-Ce-15123)
 - Mesures
 - IN_O3_4
 - Copies
- 43I SO2 (M-Ce 15119)
 - Mesures
 - IN_SO2_n2
 - Copies
- 48I CO (M-Ce 15117)
 - Mesures
 - IN_CO_n1
 - Copies
- 49I (M-Ce 15118)
 - Mesures

Nom court: IN_O3_n3

Libellé: M-CE-15118_O3

Validité: ☒ Validité

Mesure non diffusable (privée): ☐ Mesure non diffusable (privée)

Nom court: 00494

Site: INERIS

Acquisition: Automatique

Numéro de mesure: 23

Équipement: 49I (M-Ce 15118)

Paramètre: O3 (Ozone)

Code complémentaire: 3

Voie d'acquisition

Linéarisation

Calibrage

Mesures secondaires

Défauts & Alarmes

Traitement serveur

Autres

Transformation Brut-net

x1 = x0 * Coefficient de Mise en grandeur physique

Coefficient

1.013

x2 = x1 - Offset

Offset

x3 = A * x2 + B

Coefficient A

Coefficient B

x4 = formule(x3)

Formule

x5 = FCONitbn * x4

Coefficient FCONitbn

Contrôle niveau: If (x5 > SH ou x5 < SB) Then x6 Défaut

Seuil haut SH

Seuil bas SB

IF (x6 < S) THEN (x7 = C * S) ELSE (x7 = x6)

Seuil de sensibilité S

Coefficient C

Invalidation automatique de toutes les données

Active

Rétro datage

Durée de rétro datage: 0 minute