

*Critères
d'hygiène de
l'environnement 7*

*Oxydants
photochimiques*

*Résumé
d'orientation*

Publié par l'Organisation mondiale de la Santé
en liaison avec le
Programme des Nations Unies pour l'Environnement

AVERTISSEMENT AU LECTEUR

Pour donner suite à un certain nombre de résolutions de l'Assemblée mondiale de la Santé, et compte tenu des recommandations de la Conférence des Nations Unies sur l'environnement humain tenue à Stockholm en 1972 et de celles du Conseil d'administration du Programme des Nations Unies pour l'Environnement (PNUE), on a entrepris en 1973 un programme intégré de grande envergure consacré à l'évaluation des effets de la pollution de l'environnement sur la santé. Connu sous le nom de Programme OMS des critères d'hygiène de l'environnement, il est mis en œuvre avec l'appui du Fonds du PNUE pour l'environnement. En 1980, le Programme des critères d'hygiène de l'environnement a été incorporé dans un programme de plus grande ampleur, le Programme international sur la sécurité des substances chimiques (IPCS) que patronnent conjointement le Programme des Nations Unies pour l'Environnement, l'Organisation internationale du Travail et l'Organisation mondiale de la Santé. Les travaux réalisés dans le cadre du programme ont abouti à la publication d'une série de documents sur les critères d'hygiène de l'environnement.

Chaque document de la série consiste en une mise au point scientifique approfondie sur des polluants ou des groupes de polluants particuliers de l'environnement. Il fournit toute une gamme de renseignements, depuis la nature des sources et la valeur des niveaux d'exposition jusqu'à un exposé détaillé des données disponibles au sujet des effets de ces polluants sur la santé humaine. Des projets rédactionnels sont préparés pour le compte de l'OMS par des experts ou des institutions nationales, puis soumis à l'examen approfondi, d'une part des représentants des quelque 25 Etats membres participant au Programme, d'autre part d'un ou de plusieurs groupes internationaux d'experts (*groupes de travail*). Un objectif important du programme consiste dans l'évaluation des données disponibles sur les rapports entre l'exposition à certains polluants environnementaux (ou à d'autres facteurs physiques et chimiques) et la santé humaine *en vue de fournir des directives garantissant la compatibilité entre les limites d'exposition fixées et la protection de la santé publique*.

Pour faciliter l'application de ces directives dans le cadre des programmes nationaux de protection de l'environnement, l'OMS a décidé de faire rédiger des «résumés d'orientation» où l'accent serait mis, parmi toutes les données présentées dans les documents *in extenso*, sur celles qui sont utiles aux spécialistes qui ont besoin de connaître les problèmes sanitaires en cause sans entrer dans le détail des aspects scientifiques.

Les résumés d'orientation reproduisent les directives d'exposition qui figurent dans les documents relatifs aux critères établis par les groupes de travail, ainsi que les principales données relatives aux effets sanitaires. On s'est efforcé d'éviter toute divergence par rapport aux données présentées dans les documents *in extenso*. Pour certains d'entre eux, particulièrement lorsque leur publication remonte à trois ou quatre ans, ce souci a conduit à l'exclusion des données nouvelles éventuellement publiées depuis la réunion des groupes de travail correspondants. Ces données seront prises en considération lorsque les documents relatifs aux critères et les résumés d'orientation seront revus et corrigés.

Les observations du lecteur au sujet des difficultés éventuelles rencontrées dans l'utilisation des données figurant dans les résumés d'orientation sont les bienvenues. Elles doivent être communiquées à l'adresse suivante:

Division de l'hygiène de l'environnement,
Organisation mondiale de la Santé,
1211 Genève 27,
Suisse

OXYDANTS PHOTOCIMIQUES*

1. Introduction

Des oxydes d'azote et des hydrocarbures sont présents dans les gaz d'échappement des moteurs à essence. Quand les émissions se produisent dans une région très ensoleillée, des réactions chimiques se produisent entre les divers gaz présents dans l'atmosphère. Pour qualifier cette pollution, on parle de pollution par les oxydants photochimiques car elle découle de réactions photochimiques d'oxydation. On utilise également à son sujet le terme « smog » par allusion au phénomène qu'on connaît le mieux depuis son apparition à Los Angeles au cours des années 50. Mais aujourd'hui, le phénomène s'observe dans de nombreuses autres régions du monde.

2. Propriétés

Les réactions photochimiques, qui font intervenir toute une série d'hydrocarbures et d'oxydes d'azote, sont très complexes et durent plusieurs heures. Elles aboutissent à la formation d'ozone (O_3), de dioxyde d'azote (NO_2), de nitrates de peroxyacétyle (NPA), d'une série d'autres composés gazeux mal définis et de matières particulaires très fines. Les trois premiers composés sont des oxydants très énergiques auxquels il faut imputer la majorité des lésions et des atteintes résultant de ce type de pollution atmosphérique. Les matières particulaires fines, qui sont principalement composées de nitrates et de sulfates (composés d'azote et de soufre à haut degré d'oxydation), diminuent fortement la visibilité. C'est d'ailleurs là une des principales nuisances associées à la pollution par les oxydants. Une autre consiste dans l'irritation oculaire qui est imputable en partie aux NPA et en partie à d'autres produits chimiques faisant partie du groupe mal défini évoqué plus haut, par exemple le formaldéhyde et l'acroléine.

* Résumé de *Oxydants photochimiques*. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 1979 (Critères d'hygiène de l'environnement N° 7), 121 pages.

Les facteurs géographiques et météorologiques ont toujours de l'importance dans ce type de pollution atmosphérique par des oxydants car l'ozone, le dioxyde d'azote et les NPA proviennent principalement de réactions atmosphériques et non d'émissions directes à partir des sources de pollution. De ce fait, les mouvements naturels de l'air et la fréquence des périodes de stagnation atmosphérique ont une grande importance. De plus, les réactions chimiques sont normalement favorisées par de hautes températures.

Les réactions photochimiques décrites ci-dessus ne sont pas uniquement associées aux polluants artificiels. Il se produit aussi une oxydation photochimique des hydrocarbures naturels provenant des végétaux. Par exemple, la brume caractéristique qui flotte au-dessus des grandes forêts de pins pourrait s'expliquer par ce type de réactions.

Dans les couches supérieures de l'atmosphère terrestre, il existe des quantités considérables d'ozone, lequel est parfois rabattu vers la surface de la terre par les courants descendants de la circulation atmosphérique normale. De plus, il y a production naturelle d'ozone dans les orages électriques.

3. Concentrations environnementales

Aux fins du présent rapport, sont inclus dans les oxydants photochimiques l'ozone, le dioxyde d'azote et les nitrates de peroxyacétyle. Cependant, comme plus de 90% des oxydants totaux se trouvent sous forme d'ozone, les résultats de la surveillance de l'air ambiant sont normalement exprimés sous forme d'une concentration d'ozone.

Etant donné le caractère aigu de la pollution atmosphérique de type oxydant et du fait que le tableau général de la pollution évolue rapidement, à la fois au cours de la journée et d'un endroit à l'autre, on détermine généralement, aux fins de la surveillance, des concentrations horaires maximales d'ozone. Mais il est également utile, pour donner une idée de l'ampleur du problème posé par l'ozone, d'indiquer le nombre d'heures par jour, semaine, saison ou année au cours desquelles une concentration déterminée est dépassée.

La concentration de fond de l'ozone, dans des circonstances naturelles, varie considérablement avec la latitude et la saison, mais elle se situe en général entre 10 et 100 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,005 et 0,05 ppm).^a Mais, dans certaines régions rurales, la concentration de l'ozone peut dépasser le niveau de fond par suite de la présence de masses d'air pollué provenant de zones urbaines éloignées.

Dans les grandes agglomérations urbaines, la concentration maximale de l'ozone ou des oxydants totaux sur 1 h peut aller de 300 à 800 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,15 à 0,40 ppm) et parfois davantage. Dans certaines grandes villes, on a observé des valeurs horaires supérieures à 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,1 ppm) pendant 5% à 30% des jours. La concentration maximale quotidienne varie dans de très fortes proportions tout au long de l'année mais, en règle générale, la teneur de l'air en oxydants augmente à la saison chaude.

Le plus souvent, la formation d'ozone s'accompagne de celle de NPA. On a assez rarement dosé ces nitrates dans l'air ambiant, mais on a observé des rapports de concentration entre des NPA et l'ozone compris entre 1:50 et 1:100 et, fréquemment, la concentration des premiers varie parallèlement à celle des seconds. Au cours de la journée, la teneur en oxydants évolue sous l'effet, principalement, de trois phénomènes: les émissions d'hydrocarbures et de précurseurs des oxydes d'azote le matin et le soir, les variations de l'ensoleillement et l'intensité du brassage qui intervient dans les couches inférieures de l'atmosphère ainsi que l'épaisseur de la couche intéressée. Pendant la journée, les polluants sont transportés sur une vaste superficie, d'où des variations de la concentration des oxydants dans les zones tour à tour atteintes.

A l'intérieur des bâtiments, les teneurs en oxydants sont en général plus faibles qu'à l'extérieur car ces composés, très réactifs, sont facilement éliminés par des réactions qui se produisent au contact des surfaces intérieures. En milieu professionnel, il y a exposition à l'ozone pendant les opérations de soudage, la fabrication de peroxyde d'hydrogène (eau oxygénée) et l'utilisation de machines à

^a 1 μg = 1 microgramme = 1 millionième de gramme.

1 ppm = 1 volume d'une substance déterminée dans 1 million de volumes d'une autre substance ou d'un mélange de substances — l'air dans le présent document.

photocopier, de filtres électriques et de « climatiseurs » électroniques. Ces deux derniers types d'appareil peuvent également être employés dans les habitations.

4. Effets de l'exposition

De tous les oxydants qui se forment par voie photochimique, l'ozone est le plus énergétique et il est suffisamment stable pour être décelé et dosé. Il est également connu pour sa forte toxicité et il existe de solides arguments qui justifient qu'on le rende exclusivement responsable de nombre des effets indésirables constatés. D'après les données présentées dans la littérature, on peut tirer les conclusions suivantes au sujet des relations exposition-effet chez l'homme :

a) Une étude comportant l'exposition contrôlée de sujets humains montre que l'exposition pendant 2 h à une concentration d'ozone de $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,1 ppm) peut provoquer une certaine obstruction respiratoire chez des sujets humains en bonne santé.

b) D'après les études effectuées sur la population générale, il semble qu'une concentration ambiante d'oxydants de l'ordre de $200-500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,1-0,25 ppm) pendant 1 h puisse provoquer des obstructions respiratoires chez les enfants, augmenter la fréquence des crises d'asthme et celle des cas d'irritation oculaire et abaisser les performances sportives.

c) Les quelques données qu'on peut tirer des études d'exposition contrôlée donnent à penser que le fait de vivre dans une ambiance où la concentration de l'ozone sur 1 h est de l'ordre de $400-1\ 400 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,2 à 0,7 ppm) risque d'augmenter la gravité de l'atteinte respiratoire chez les patients atteints de maladie pulmonaire chronique.

d) Il y a tout lieu de croire, d'après les résultats d'études contrôlées sur l'homme, que la résistance des voies aériennes peut s'accroître chez le sujet humain sain à la suite d'une exposition de 2 h à des concentrations d'ozone de $700-800 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,35-0,40 ppm).

De plus, des études avec exposition d'êtres humains ont montré que l'exercice physique modifie les effets de l'ozone au niveau pulmonaire en augmentant la gêne ressentie et en abaissant le seuil d'apparition des effets.

En général, les résultats de l'expérimentation animale concordent avec ceux des études effectuées sur l'homme. Cependant, certains effets observés chez les animaux, par exemple un affaiblissement de la résistance aux infections respiratoires pour des concentrations d'ozone d'environ $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,1 ppm), n'ont pas encore été mis en évidence chez l'homme. Les principaux effets de l'ozone sur la santé s'exercent au niveau des voies respiratoires; c'est ainsi qu'on a mis en évidence chez les animaux d'expérience, à des concentrations variables et dans des conditions diverses, des lésions pulmonaires graves, comme dans l'emphysème et la pneumonie, des altérations temporaires provoquant une obstruction des voies aériennes et un accroissement de la sensibilité aux infections respiratoires. Les autres effets de l'ozone qu'on a observé dans ces études concernent la croissance et le comportement, ainsi qu'une fréquence élevée des avortements et des cas de mortalité néonatale, mais l'on ignore si des effets semblables existent chez l'homme.

5. Evaluation des risques pour la santé

Les symptômes respiratoires et les altérations de la fonction pulmonaire, par exemple l'obstruction des voies aériennes et la diminution du débit expiratoire, constituent des phénomènes dont il convient de reconnaître l'importance en santé publique du point de vue du développement des poumons des jeunes enfants. Un développement contrarié à cet âge du fait de l'exposition à l'ozone implique un risque de diminution de la capacité fonctionnelle chez le futur adulte. Chez des adultes en bonne santé, les effets exercés par l'ozone sur l'appareil respiratoire semblent réversibles, mais ils représentent un risque *a priori* grave pour les asthmatiques et les sujets atteints d'autres affections respiratoires.

Sur la base des effets mis en évidence lors d'études expérimentales, contrôlées et épidémiologiques, pour des niveaux d'exposition de l'ordre de $200\text{-}500 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,10-0,25 ppm), il est recommandé de retenir comme directive pour la protection de la santé publique une concentration horaire d'ozone, mesurée par chimioluminescence, comprise entre 100 et $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,05-0,1 ppm). La valeur relativement élevée de la concentration naturelle de l'ozone exclut l'application d'un coefficient de sécurité.

Le groupe de travail est également convenu que la concentration horaire maximale de $120 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (0,06 ppm), qui avait été recommandée en 1972 par le Comité OMS d'experts sur les critères de qualité de l'air et les indices relatifs aux polluants de l'atmosphère urbaine, constitue l'estimation la meilleure de la limite d'exposition aux oxydants présents dans l'air ambiant. Comme cette valeur correspond à peu près à la concentration naturelle d'oxydants la plus élevée, le respect de la limite ainsi fixée risque d'être extrêmement difficile, notamment à proximité des grandes agglomérations urbaines.

**Autres titres parus dans la série des
« Critères d'hygiène de l'environnement »**

1. Mercure
2. Polychlorobiphényles et Polychloroterphényles
3. Plomb
4. Oxydes d'azote
5. Nitrates, nitrites et composés N-nitroso
6. Principes et méthodes d'évaluation de la toxicité des produits chimiques. Partie I.
7. Oxydants photochimiques
8. Oxydes de soufre et particules en suspension
9. DDT et dérivés
10. Sulfure de carbone
11. Mycotoxines
12. Le Bruit
13. Monoxyde de carbone
14. Rayonnement ultraviolet
15. Etain et organostanniques
16. Fréquences radioélectriques et hyperfréquences
17. Manganèse
18. Arsenic
19. Sulfure d'hydrogène
20. Quelques dérivés du pétrole (*en préparation*)