

**Lignes directrices OMS
relatives à la qualité de l'air :
particules, ozone,
dioxyde d'azote et
dioxyde de soufre**

Mise à jour mondiale 2005

**Synthèse de l'évaluation
des risques**



**Organisation
mondiale de la Santé**

Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air : particules, ozone, dioxyde d'azote et dioxyde de soufre

Mise à jour mondiale 2005

Synthèse de l'évaluation des risques



**Organisation
mondiale de la Santé**

© Organisation mondiale de la Santé 2006

Tous droits réservés. Il est possible de se procurer les publications de l'Organisation mondiale de la Santé auprès du Bureau de l'information, Organisation mondiale de la Santé, 20 Avenue Appia, 1211 Genève 27, Suisse (tél. : +41 22 791 3264 ; télécopie : +41 22 791 4857 ; courriel : bookorders@who.int). Les demandes relatives à l'autorisation de reproduire ou de traduire des publications de l'OMS – que ce soit pour la vente ou une diffusion non commerciale – doivent être envoyées au Bureau de l'information, à l'adresse ci-dessus (télécopie : +41 22 791 4806 ; courriel : permissions@who.int).

Les appellations employées dans la présente publication et la présentation des données qui y figurent n'impliquent de la part de l'Organisation mondiale de la Santé aucune prise de position quant au statut juridique des pays, territoires, villes ou zones, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. Les lignes en pointillé sur les cartes représentent des frontières approximatives dont le tracé peut ne pas avoir fait l'objet d'un accord définitif.

La mention de firmes et de produits commerciaux ne signifie pas que ces firmes et ces produits commerciaux sont agréés ou recommandés par l'Organisation mondiale de la Santé, de préférence à d'autres de nature analogue. Sauf erreur ou omission, une majuscule initiale indique qu'il s'agit d'un nom déposé.

L'Organisation mondiale de la Santé a pris toutes les dispositions voulues pour vérifier les informations contenues dans la présente publication. Toutefois, le matériel publié est diffusé sans aucune garantie, expresse ou implicite. La responsabilité de l'interprétation et de l'utilisation dudit matériel incombe au lecteur. En aucun cas l'Organisation mondiale de la Santé ne saurait être tenue responsable des préjudices subis du fait de son utilisation.

Préface	5
Rôle des lignes directrices dans la protection de la santé publique	7
Les lignes directrices relatives à la qualité de l'air et leur fondement	9
Particules	9
Ozone	14
Dioxyde d'azote	17
Dioxyde de soufre	19
Références bibliographiques	21

Préface

Le fait de respirer de l'air pur est considéré comme une condition essentielle de la santé et du bien-être de l'homme. Cependant, la pollution de l'air continue de faire peser une menace importante sur le plan sanitaire partout dans le monde. Selon une évaluation de la charge de morbidité due à la pollution de l'air effectuée par l'OMS, plus de 2 millions de décès prématurés peuvent chaque année être attribués aux effets de la pollution de l'air extérieur dans les villes et de la pollution de l'air à l'intérieur des habitations (due au fait que l'on y brûle des combustibles solides). Plus de la moitié de cette charge de morbidité est supportée par les populations des pays en développement.¹

Les lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air visent à offrir des conseils sur la façon de réduire les effets sanitaires de la pollution de l'air. Publiées pour la première fois en 1987² et mises à jour en 1997,³ ces lignes directrices sont basées sur l'évaluation par des experts des données scientifiques du moment. Etant donné l'abondance des nouvelles études sur les effets de la pollution de l'air sur la santé publiées dans la littérature scientifique depuis la publication de la deuxième édition des *Air quality guidelines for Europe*, notamment des importantes nouvelles recherches effectuées dans les pays à revenu faible et intermédiaire où la pollution de l'air atteint son maximum, l'OMS a entrepris d'examiner les données scientifiques accumulées et d'étudier leurs incidences sur les lignes directrices relatives à la qualité de l'air. Le résultat de ce travail est présenté dans le présent document sous forme de valeurs indicatives révisées pour certains polluants de l'air, applicables dans toutes les Régions de l'OMS. Ces lignes directrices visent

à informer les responsables de l'élaboration des politiques et à fournir des cibles appropriées à toute une série d'actions à mener pour la prévention de la pollution atmosphérique dans les différentes parties du monde.

Les nouvelles données figurant dans cette dernière mise à jour des lignes directrices relatives à la qualité de l'air concernent quatre polluants usuels de l'air : les particules, l'ozone (O₃), le dioxyde d'azote (NO₂) et le dioxyde de soufre (SO₂). Les questions abordées lors de cet examen sont révélatrices des nouvelles données disponibles concernant les effets de ces polluants sur la santé et leur importance relative en ce qui concerne les effets actuels et futurs de la pollution de l'air sur la santé dans chacune des Régions de l'OMS. Pour les polluants de l'air qui ne sont pas examinés dans le présent document, les conclusions présentées dans les *Air quality guidelines for Europe*³ de l'OMS restent d'actualité.

Le processus ayant conduit à la présente révision des lignes directrices relatives à la qualité de l'air est résumé dans le rapport de la réunion du Groupe de travail de l'OMS, réunion qui s'est tenue à Bonn, du 18 au 20 octobre 2005.⁴ Ce rapport comprend la liste des membres du Groupe de travail ayant examiné les données disponibles et recommandé les valeurs indicatives présentées ici. Un rapport exhaustif, comprenant une évaluation détaillée des données scientifiques disponibles ainsi qu'une révision des chapitres d'introduction des lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air, sera publié à la fin 2006.

¹ Rapport sur la santé dans le monde, 2002. Réduire les risques et promouvoir une vie saine. Genève, Organisation mondiale de la Santé, 2002.

² *Air quality guidelines for Europe*. Copenhague, Bureau régional de l'Organisation mondiale de la Santé pour l'Europe, 1987 (Publications régionales de l'OMS, European Series, N° 23).

³ *Air quality guidelines for Europe*, deuxième édition. Copenhague, Bureau régional de l'Organisation mondiale de la Santé pour l'Europe, 2000 (Publications régionales de l'OMS, European Series, N° 9⁰).

⁴ Disponible à l'adresse suivante : <http://www.euro.who.int/Document/E87950.pdf>.

Rôle des lignes directrices dans la protection de la santé publique

Les lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air sont destinées à être utilisées partout dans le monde mais ont été élaborées pour soutenir les actions menées en vue d'atteindre une qualité de l'air permettant de protéger la santé publique dans différents contextes. Les normes relatives à la qualité de l'air sont par ailleurs fixées par chaque pays, afin de protéger la santé publique de ses citoyens, et en tant que telles constituent un élément important de la gestion des risques et des politiques environnementales nationales. Les normes nationales varieront en fonction de la stratégie adoptée pour parvenir à un équilibre entre les risques sanitaires, la faisabilité technologique, des considérations économiques et divers autres facteurs politiques et sociaux qui, à leur tour, vont dépendre, entre autres choses, du degré de développement et de la capacité nationale en matière de gestion de la qualité de l'air. Les valeurs indicatives recommandées par l'OMS tiennent compte de cette hétérogénéité et reconnaissent notamment que, lorsqu'ils mettent au point des cibles stratégiques, les gouvernements devraient étudier soigneusement leur propre situation locale, avant d'adopter directement les lignes directrices en tant que normes juridiquement fondées.

Les lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air sont basées sur la désormais grande quantité de données scientifiques disponibles concernant la pollution de l'air et ses conséquences sur la santé. Bien qu'il y ait encore des lacunes et des incertitudes dans cette base de données, elle offre un fondement solide aux lignes directrices recommandées. Plusieurs résultats importants qui sont apparus ces dernières années méritent une mention spéciale. Tout d'abord, les données concernant l'ozone (O_3) et les particules indiquent qu'aux concentrations actuellement rencontrées dans de nombreuses villes des pays développés, elles représentent des risques pour la santé. En outre, comme la recherche n'a pas permis d'identifier des seuils en deçà desquels les effets indésirables ne se produisent pas, il faut souligner que les valeurs in-

dicatives fournies ici ne permettent pas de fournir une protection sanitaire totale.

Deuxièmement, une série toujours plus grande d'effets indésirables pour la santé a été liée à la pollution de l'air, et ce à des concentrations toujours plus basses. C'est particulièrement le cas des particules en suspension dans l'air. Les nouvelles études font appel à des méthodes plus fines et à des indicateurs plus subtils mais sensibles de leurs effets, par exemple des mesures physiologiques (modifications de la fonction pulmonaire, marqueurs de l'inflammation). Les lignes directrices actualisées pourraient donc être basées sur ces indicateurs sensibles, en plus des indicateurs sanitaires de la population les plus déterminants, tels que la mortalité et les hospitalisations non programmées.

Troisièmement, notre compréhension de la complexité des éléments entrant en ligne de compte dans la pollution de l'air s'étant améliorée, les inconvénients qu'il y a à lutter contre la pollution de l'air au moyen de directives concernant des polluants pris isolément sont devenus de plus en plus visibles. Le dioxyde d'azote (NO_2), par exemple, est un produit des processus de combustion que l'on trouve généralement dans l'atmosphère en association étroite avec d'autres polluants primaires, comme les particules ultrafines (UF). Il est lui-même toxique et c'est un précurseur de l'ozone, avec laquelle il coexiste en même temps qu'un certain nombre d'autres oxydants issus de processus photochimiques. Les concentrations de NO_2 sont souvent fortement corrélées à celles d'autres polluants toxiques et, comme elles sont les plus faciles à mesurer, on les utilise souvent à la place du mélange polluant dans son ensemble. Le fait de parvenir aux concentrations indicatives de polluants particuliers comme le NO_2 peut donc être bénéfique pour la santé publique au-delà de ce à quoi on se serait attendu sur la base des estimations de la toxicité d'un polluant donné.

La présente révision des *Air quality guidelines for Europe* de l'OMS donne de nouvelles valeurs indicatives pour trois des quatre polluants examinés. Pour deux d'entre eux (les particules et l'ozone), il est possible d'établir un rapport quantitatif entre la concentration du polluant tel qu'il est surveillé dans l'air ambiant et des conséquences sanitaires particulières (en général la mortalité). Ces rapports sont précieux pour les évaluations des effets sanitaires et permettent d'avoir un aperçu des charges de morbidité et de mortalité imputables aux degrés actuels de la pollution de l'air et des améliorations auxquelles on pourrait s'attendre sur le plan de la santé en fonction de différents scénarios de réduction de la pollution de l'air. Les estimations de la charge de morbidité peuvent également servir à estimer les coûts et les avantages des interventions visant à réduire la pollution de l'air. Les modalités et les limites des évaluations des effets sanitaires sont résumées dans le rapport in extenso, sur lequel reposent les lignes directrices actualisées.

Les concentrations de polluants de l'air devraient être mesurées dans des sites de surveillance représentatifs de l'exposition à laquelle est soumise la population. Le degré de pollution de l'air peut être plus élevé au voisinage de sources particulières de pollution comme les routes, les centrales énergétiques et autres grandes sources fixes de pollution, de sorte que la protection des populations vivant dans un tel voisinage peut exiger des mesures particulières pour amener les niveaux de pollution en deçà des valeurs indicatives.

Les sections qui suivent présentent les lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air concernant les particules, l'ozone, le NO₂ et le SO₂, et indiquent dans chaque cas ce qui a justifié la révision de la valeur indicative ou la conservation de la valeur existante. Comme on l'a noté plus haut, les données épidémiologiques indiquent que la possibilité d'effets indésirables pour la santé reste stable si on atteint la valeur indicative, et c'est pourquoi certains pays pourraient décider d'adopter des concentrations inférieures aux valeurs indicatives de l'OMS comme normes nationales de la qualité de l'air.

En plus des valeurs indicatives, des **cibles intermédiaires** sont données pour chaque polluant. Elles sont proposées en tant qu'étapes intermédiaires pour réduire progressivement la pollution de l'air et sont destinées aux régions où la pollution est élevée. Ces cibles visent à favoriser le passage de fortes concentrations de polluants de l'air, qui ont des conséquences aiguës et graves pour la santé, à des concentrations plus faibles. Si l'on atteignait ces cibles on pourrait s'attendre à des réductions importantes des risques d'effets aigus et chroniques sur la santé dus à la pollution de l'air. L'objectif final de la gestion de la qualité de l'air et de la réduction des risques sanitaires devrait cependant être, dans toutes les régions, de progresser vers ces valeurs indicatives.

Les lignes directrices relatives à la qualité de l'air et leur fondement

Particules

Lignes directrices

**Particules PM_{2,5}: 10 µg/m³ moyenne annuelle
25 µg/m³ moyenne sur 24 heures**

**Particules PM₁₀: 20 µg/m³ moyenne annuelle
50 µg/m³ moyenne sur 24 heures**

Justification

Les données sur les particules (ou matières particulaires : MP) en suspension dans l'air et leurs effets sur la santé publique sont uniformes et montrent des effets indésirables sur la santé aux expositions auxquelles les populations urbaines sont actuellement soumises dans les pays développés comme dans les pays en développement. L'éventail des effets sur la santé est large, mais ce sont surtout les systèmes respiratoires et cardio-vasculaires qui sont affectés. L'ensemble de la population est touchée, mais la sensibilité à la pollution peut montrer des variations selon l'état de santé et l'âge. On a montré que le risque augmentait avec l'exposition pour diverses pathologies et rien ne permet de penser qu'il existe un seuil au-dessous duquel on pourrait s'attendre à ce qu'il n'y ait aucun effet indésirable pour la santé. En réalité, l'extrémité inférieure de l'éventail des concentrations auxquelles des effets indésirables ont été mis en évidence n'est pas tellement supérieure à la concentration de fond qui, pour les particules inférieures à 2,5 µm (MP_{2,5}) est, selon les estimations, de 3 à 5 µg/m³ aux Etats-Unis d'Amérique et en Europe de l'Ouest. Les données épidémiologiques montrent des effets indésirables des particules suite à des expositions à court et à long terme.

Comme aucun seuil n'a pu être identifié, et du fait de la grande variabilité interindividuelle de l'exposition et de la réponse à une exposition donnée, il est peu probable qu'une valeur standard ou indi-

cative permette de protéger complètement chaque individu contre tous les effets indésirables possibles des particules en suspension. Le processus d'établissement des normes devrait plutôt viser à atteindre les concentrations les plus faibles possible compte tenu des contraintes, des possibilités et des priorités locales de la santé publique. Une évaluation quantitative du risque offre une possibilité de comparaison des autres scénarios de lutte et d'estimation du risque résiduel associé à une valeur indicative particulière. La United States Environmental Protection Agency et la Commission européenne ont récemment utilisé cette approche pour réviser leurs normes de qualité de l'air applicables aux particules. Les pays sont encouragés à envisager d'adopter une série de normes de plus en plus strictes, en suivant les progrès grâce à la surveillance de la réduction des émissions et de la baisse des concentrations de particules. Pour aider à ce processus, les valeurs indicatives numériques et les valeurs cibles intermédiaires données ici correspondent aux concentrations auxquelles on peut s'attendre à une augmentation de la mortalité due à la pollution de l'air par des particules, d'après les résultats scientifiques actuels.

Le choix d'un indicateur pour les particules demande également réflexion. A l'heure actuelle, la plupart des systèmes de surveillance systématique de la qualité de l'air génèrent des données basées sur la mesure des MP₁₀, par opposition aux autres

tailles de particules. En conséquence, la majorité des études épidémiologiques se servent des MP_{10} comme indicateurs de l'exposition. Ces MP_{10} représentent la masse de particules qui pénètrent dans les voies respiratoires et, qui plus est, elle comprend à la fois les particules grossières (taille comprise entre 2,5 et 10 μm) et les particules fines (moins de 2,5 μm , $MP_{2,5}$) dont on estime qu'elles contribuent aux effets sanitaires observés dans les environnements urbains. Les premières sont principalement produites par des processus mécaniques comme les activités de construction, la remise en suspension des poussières sur les routes et le vent, tandis que les secondes ont pour principale origine des sources de combustion. Dans la plupart des environnements urbains, ces deux types de particules grossières et fines sont présentes, mais leur proportion est susceptible de montrer des variations importantes d'une ville à l'autre dans le monde en fonction de la géographie, de la météorologie et des sources particulières de particules rencontrées localement. Dans certaines régions, la combustion du bois et d'autres biocarburants peut constituer une source importante de pollution de l'air par les particules, les particules résultant de la combustion étant en grande partie des particules fines ($MP_{2,5}$). Bien que peu d'études épidémiologiques aient comparé la toxicité relative des produits de la combustion des combustibles fossiles et des biocarburants, les estimations montrent que leurs effets sont semblables dans toute une série de villes des pays développés et en développement. Il est par conséquent raisonnable de supposer que les effets sur la santé des $MP_{2,5}$ provenant de ces deux types de sources sont globalement les mêmes. De ce fait, les lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air pour les particules peuvent également être appliquées à l'environnement intérieur des bâtiments, tout particulièrement dans le monde en développement, où des populations importantes sont exposées à des niveaux élevés de particules de combustion issues de fourneaux et de feux entretenus à l'intérieur des habitations.

Bien que la mesure la plus largement rapportée soit celle des MP_{10} , qui est également l'indicateur de pertinence de la majorité des données épidé-

miologiques, pour les raisons évoquées plus bas, les lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air pour les particules sont basées sur des études qui se servent des $MP_{2,5}$ comme indicateur. Les valeurs indicatives des $MP_{2,5}$ sont converties en valeurs indicatives correspondantes de MP_{10} par l'application d'un rapport $MP_{2,5}/MP_{10}$ de 0,5, typique d'une zone urbaine d'un pays en développement et qui se situe à l'extrémité inférieure de la fourchette trouvée dans les zones urbaines des pays développés (0,5-0,8). Lorsque l'on établit des normes locales, pour autant que les données pertinentes soient disponibles, on peut utiliser une valeur différente pour ce rapport, c'est-à-dire une valeur qui reflète mieux les conditions locales.

A partir des effets connus sur la santé, on a besoin de lignes directrices à court terme (sur 24 heures) et à long terme (moyenne annuelle) pour les deux indicateurs de la pollution par les particules.

Expositions à long terme

Une concentration moyenne annuelle de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ a été choisie comme valeur indicative à long terme pour la teneur en $MP_{2,5}$. Elle représente l'extrémité inférieure de la fourchette pour laquelle on a observé des effets importants sur la survie dans l'étude de l'American Cancer Society (ACS) (Pope et al., 2002). L'adoption d'une telle valeur indicative donne un poids important aux études sur l'exposition à long terme qui se servent des données de l'ACS et des Harvard Six-Cities (Dockery et al., 1993 ; Pope et al., 1995 ; HEI, 2000 ; Pope et al., 2002 ; Jerrett, 2005). Dans toutes ces études, on a établi des associations robustes entre l'exposition à long terme aux $MP_{2,5}$ et la mortalité. La concentration moyenne historique des $MP_{2,5}$ était de 18 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (éventail : 11,0-29,6 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) dans l'étude Six-Cities et de 20 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ (éventail : 9,0-33,5 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) dans l'étude de l'ACS. Même si les périodes et les modes précis d'exposition n'ont pu être déterminés, aucun seuil n'a été observé dans aucune de ces études. Dans l'étude de l'ACS, l'incertitude statistique dans les estimations du risque devient visible à des concentrations d'environ 13 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, au-dessous desquelles les limites de

confiance s'élargissent considérablement puisque les concentrations sont relativement éloignées de la moyenne. D'après les résultats de l'étude de Dockery et al. (1993), les risques sont semblables dans les villes ayant les concentrations de $MP_{2,5}$ à long terme les plus faibles (11 et $12,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Des augmentations du risque sont visibles dans la ville ayant la concentration moyenne de $MP_{2,5}$ à long terme la plus proche ($14,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$), ce qui indique qu'on peut s'attendre à des effets sur la santé lorsque les concentrations moyennes annuelles se situent entre 11 et $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Dans ces conditions, une concentration moyenne annuelle de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ peut être considérée, d'après la littérature scientifique disponible, comme inférieure à la moyenne correspondant à la plupart des effets susceptibles de se produire. En choisissant une concentration moyenne de $MP_{2,5}$ à long terme de $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$, on donne également du poids aux résultats des études sur les séries chronologiques de l'exposition journalière qui examinent les rapports entre exposition aux $MP_{2,5}$ et issues indésirables aiguës pour la santé. Dans ces études, les moyennes à long terme (c'est-à-dire sur trois ou quatre ans) se situent entre 13 et $18 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Bien que les effets indésirables sur la santé ne puissent pas être entièrement écartés au-dessous de ces concentrations, la valeur moyenne annuelle des lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air représente la concentration de $MP_{2,5}$ dont on a non seulement montré qu'elle était atteignable dans les grandes régions urbaines des pays très développés, mais qui, si elle est atteinte, devrait également permettre de réduire considérablement les risques sanitaires.

En dehors de cette valeur indicative, on a défini trois cibles intermédiaires pour la concentration en $MP_{2,5}$ (voir Tableau 1). On a montré qu'elles étaient atteignables à condition d'appliquer des mesures successives et soutenues de réduction de la pollution. Les pays pourront trouver ces cibles intermédiaires particulièrement utiles pour mesurer les progrès réalisés dans le temps au cours du processus difficile qui consiste à réduire régulièrement l'exposition de la population aux particules.

Une concentration moyenne annuelle de $MP_{2,5}$

de $35 \mu\text{g}/\text{m}^3$ a été choisie comme première cible intermédiaire. Elle correspond aux concentrations moyennes maximales rapportées dans les études sur les effets à long terme sur la santé et peut également rendre compte de concentrations historiques plus élevées mais non connues qui ont pu jouer un rôle dans les effets observés. On a montré que cette concentration était associée à une mortalité importante dans le monde développé.

La deuxième cible intermédiaire de protection est fixée à $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et repose sur les études sur l'exposition à long terme et la mortalité. Cette valeur est supérieure à la concentration moyenne à laquelle des effets ont été observés dans ces études et il est probable qu'elle soit associée à des effets importants sur la santé des expositions aussi bien journalières qu'à long terme à la $MP_{2,5}$. Atteindre cette deuxième cible intermédiaire permettrait de réduire d'environ 6 % (IC à 95 % : 2-11 %) les risques pour la santé de l'exposition à long terme par rapport à la valeur de la première cible intermédiaire. La troisième cible intermédiaire recommandée est de $15 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et donne encore plus de poids à la probabilité d'effets importants associés à l'exposition à long terme. Cette valeur est proche des concentrations moyennes rapportées dans les études sur l'exposition à long terme et permet de réduire d'environ 6 % le risque de mortalité par rapport à la deuxième cible intermédiaire.

Des lignes directrices relatives à la qualité de l'air et des cibles intermédiaires correspondantes sont également recommandées pour les MP_{10} (Tableau 1) parce qu'une ligne directrice concernant uniquement les $MP_{2,5}$ ne permettrait pas de protéger contre les effets nocifs des particules grossières (fraction comprise entre $10 \mu\text{m}$ et $2,5 \mu\text{m}$). Cependant, on estime que les données quantitatives relatives aux particules grossières sont insuffisantes pour en tirer les lignes directrices séparées. En revanche, il existe une littérature abondante sur les effets des expositions à court terme aux MP_{10} , qui a servi de base à l'élaboration des lignes directrices relatives à la qualité de l'air et des cibles intermédiaires pour les concentrations de particules sur 24 heures (voir ci-dessous).

Tableau 1**Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air et cibles intermédiaires pour les particules : concentrations moyennes annuelles^a**

	MP ₁₀ (µg/m ³)	MP _{2,5} (µg/m ³)	Base de la concentration choisie
Cible intermédiaire 1	70	35	Ces concentrations sont associées à un risque de mortalité à long terme supérieur d'environ 15 % par rapport à la concentration des lignes directrices.
Cible intermédiaire 2	50	25	En plus des autres avantages qu'elles présentent pour la santé, ces concentrations abaissent le risque de mortalité prématurée d'environ 6 % [2-11 %] par rapport à la première cible intermédiaire.
Cible intermédiaire 3	30	15	En plus des autres avantages qu'elles présentent pour la santé, ces concentrations abaissent le risque de mortalité d'environ 6 % [2-11 %] par rapport à la deuxième cible intermédiaire.
Lignes directrices relatives à la qualité de l'air	20	10	Ce sont là les concentrations les plus faibles auxquelles on a montré que la mortalité totale par maladies cardio-pulmonaires et par cancer du poumon augmente avec un degré de confiance supérieur à 95 % en réponse à une exposition à long terme aux MP _{2,5} .

^a L'utilisation de la valeur indicative des MP_{2,5} est privilégiée.

Le fait de savoir laquelle des lignes directrices relatives à la qualité de l'air est la plus restrictive, celle sur la moyenne annuelle ou celle sur la moyenne sur 24 heures, a tendance à varier selon les pays, car cela dépend en grande partie des caractéristiques particulières des sources de polluants et de l'endroit où elles se trouvent. Lorsqu'on évalue les lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air et les cibles intermédiaires, il est généralement recommandé que la moyenne annuelle prenne le pas sur la moyenne sur 24 heures puisque, à faible concentration, les expositions épisodiques sont moins préoccupantes. Le fait d'atteindre les valeurs indicatives de la moyenne sur 24 heures permettra cependant de se protéger contre les pics de pollution qui conduiraient autrement à une surmortalité ou à une surmortalité importante. Il est recommandé que les pays dans lesquels il y a des régions qui n'atteignent pas les valeurs indicatives sur 24 heures prennent des mesures immédiates pour les atteindre le plus rapidement possible.

Les études effectuées sur plusieurs villes en Europe (29 villes) et aux États-Unis d'Amérique (20 villes) ont rapporté des effets des MP₁₀ sur la mor-

talité à court terme de 0,62 % et de 0,46 % pour 10 µg/m³ (moyenne sur 24 heures), respectivement (Katsouyanni et al., 2001 ; Samet et al., 2000). Une méta-analyse des données provenant de 29 villes situées en dehors de l'Europe de l'Ouest et de l'Amérique du Nord a trouvé un effet sur la mortalité de 0,5 % pour 10 µg/m³ (Cohen et al., 2004) très semblable en fait à celui calculé pour les cités asiatiques (0,49 % pour 10 µg/m³ (HEI International Oversight Committee, 2004). Ces résultats laissent à penser que les risques sanitaires associés aux expositions à court terme aux MP₁₀ sont très probablement les mêmes dans les villes des pays développés et en développement et provoquent une augmentation de la mortalité de l'ordre de 0,5 % chaque fois que la concentration journalière augmente de 10 µg/m³. Dans ces conditions, une concentration des MP₁₀ de 150 µg/m³ devrait se traduire en gros par une augmentation de 5 % de la mortalité journalière, un effet qui serait très préoccupant et contre lequel des mesures d'atténuation immédiates seraient recommandées. La deuxième cible intermédiaire de 100 µg/m³ serait associée à une augmentation d'environ 2,5 % de la mortalité journalière et la troisième cible à une

augmentation de 1,2 % (Tableau 2). Concernant les MP₁₀, la ligne directrice relative à la qualité de l'air pour la moyenne sur 24 heures est de 50 µg/

m³ et traduit le rapport existant entre les distributions des moyennes sur 24 heures (et 99^e percentile) et les concentrations moyennes annuelles.

Tableau 2

Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air et cibles intermédiaires pour les particules : concentrations sur 24 heures^a

	MP ₁₀ (µg/m ³)	MP _{2,5} (µg/m ³)	Base de la concentration choisie
Première cible intermédiaire	150	75	Basée sur les coefficients de risque publiés d'études multicentriques et de méta-analyses (augmentation d'environ 5 % de la mortalité à court terme au-dessus de la valeur de la ligne directrice).
Deuxième cible intermédiaire	100	50	Basée sur les coefficients de risque publiés d'études multicentriques et de méta-analyses (augmentation d'environ 2,5 % de la mortalité à court terme au-dessus de la valeur de la ligne directrice).
Troisième cible intermédiaire*	75	37,5	Basée sur les coefficients de risque publiés d'études multicentriques et de méta-analyses (augmentation d'environ 1,2 % de la mortalité à court terme au-dessus de la valeur de la ligne directrice).
Ligne directrice relative à la qualité de l'air	50	25	Basée sur le rapport entre les concentrations de MP sur 24 heures et sur un an.

^a 99^e percentile (3 jours/an).

* A des fins de gestion. Basée sur les valeurs indicatives moyennes annuelles ; nombre précis à déterminer sur la base de la distribution statistique locale des moyennes journalières. La distribution statistique des valeurs journalières des MP_{2,5} ou MP₁₀ est habituellement proche d'une distribution log-normale.

Les particules ultrafines (UF), c'est-à-dire les particules dont le diamètre est inférieur à 0,1µm, ont récemment fait l'objet d'une attention scientifique et médicale considérable. Elles sont habituellement mesurées sous la forme d'une concentration numérique. Alors qu'il y a de nombreuses preuves toxicologiques des effets potentiellement nocifs des particules UF sur la santé de l'homme, l'en-

semble des données épidémiologiques existantes est insuffisant pour parvenir à une conclusion concernant le rapport exposition-réponse de ces particules. De ce fait, aucune recommandation ne peut être formulée pour le moment concernant les concentrations indicatives de particules UF.

Ozone

Ligne directrice

O₃: 100 µg/m³ moyenne sur 8 heures

Justification

Depuis la publication de la deuxième édition des *Air quality guidelines for Europe* (OMS, 2000) qui fixe la valeur indicative de la concentration d'ozone à 120 µg/m³ pour une moyenne journalière sur 8 heures, peu de nouvelles données concernant les effets de l'ozone sur la santé ont été obtenues à partir d'études de laboratoire ou d'études sur le terrain. Toutefois, des adjonctions importantes à la base de données sur les effets sanitaires sont venues d'études épidémiologiques sur des séries chronologiques. Dans l'ensemble, ces études ont révélé des associations positives, faibles mais convaincantes, entre la mortalité journalière et les concentrations d'ozone, qui sont indépendantes des effets des particules. Des associations analogues ont été observées en Amérique du Nord et en Europe. Ces dernières études sur des séries chronologiques ont montré des effets de l'ozone sur la santé à des concentrations inférieures à la ligne directrice antérieure qui était de 120 µg/m³, mais sans qu'il y ait un seuil clairement défini. Ce résultat, conjugué aux données des études de laboratoire et des études sur le terrain qui indiquent qu'il y a une variation individuelle considérable dans la réponse à l'ozone, plaide fortement en faveur d'une réduction de la ligne directrice OMS pour l'ozone qui, de 120 µg/m³, devrait passer à 100 µg/m³ (moyenne journalière maximum sur 8 heures).

Il est possible que des effets sur la santé se produisent au-dessous de la nouvelle ligne directrice chez certains sujets sensibles. D'après les études sur des séries chronologiques, le surcroît de décès attribuables est, selon les estimations, de 1 % à 2 % les jours où la concentration moyenne d'ozone sur

8 heures atteint 100 µg/m³, au-dessus de ce qu'il est lorsque les concentrations d'ozone sont au niveau de base de 70 µg/m³ (concentrations de fond estimées : voir Tableau 3). Il semblerait qu'une exposition à l'ozone à long terme puisse avoir des effets chroniques mais elle n'est pas suffisante pour recommander une ligne directrice annuelle.

L'ozone est formé dans l'atmosphère par des réactions photochimiques en présence de lumière et de polluants précurseurs comme les oxydes d'azote (NO_x) et les composés organiques volatiles (COV). Il est détruit par des réactions avec le NO₂ et se dépose alors sur le sol. Plusieurs études ont montré que les concentrations d'ozone sont en corrélation avec divers autres oxydants photochimiques, toxiques provenant de sources analogues, notamment les nitrates de peroxyacétyle, l'acide nitrique et le peroxyde d'hydrogène. Les mesures qui visent à limiter les concentrations d'ozone troposphérique sont axées sur les émissions de gaz qui lui servent de précurseurs, mais il est probable qu'elles permettent également de limiter les concentrations et les effets d'un certain nombre de ces autres polluants.

Les concentrations de fond hémisphérique de l'ozone troposphérique varient dans le temps et l'espace mais peuvent atteindre des niveaux moyens sur 8 heures d'environ 80 µg/m³. Ils proviennent d'émissions de précurseurs de l'ozone aussi bien anthropogéniques que biogéniques (par exemple, COV provenant de la végétation) et de l'intrusion de l'ozone stratosphérique dans la troposphère. En effet, la valeur indicative proposée peut parfois être dépassée du fait de causes naturelles.

Au fur et à mesure que les concentrations d’ozone augmentent au-delà de la valeur indicative, les effets sur la santé deviennent de plus en plus nombreux et graves à l’échelle de la population. Ces effets peuvent se produire dans des endroits où les concentrations sont actuellement élevées à cause d’activités humaines ou sont élevées durant des épisodes de très grosses chaleurs. La première cible intermédiaire sur 8 heures pour l’ozone a été fixée à $160 \mu\text{g}/\text{m}^3$, concentration à laquelle des modifications mesurables bien que transitoires de la fonction et de l’inflammation pulmonaires ont été enregistrées lors de tests contrôlés réalisés au laboratoire chez de jeunes adultes en bonne santé faisant de l’exercice de manière intermittente. Des effets analogues ont été observés dans des études sur les camps de vacances dans lesquels les enfants pratiquaient des activités sportives. Même si certains vont prétendre que ces réponses ne sont pas nécessairement indésirables, et qu’elles n’ont été observées que lors d’exercices physiques intenses, ce point de vue est contrebalancé par la possibilité qu’il puisse exister un nombre important de personnes dans la population générale qui pourraient être plus sensibles aux effets de l’ozone que les sujets relativement jeunes et en général en bonne santé ayant participé à l’étude au laboratoi-

re. En outre, les études au laboratoire fournissent peu d’informations sur les expositions répétées. D’après les données des séries chronologiques, des expositions à la concentration de la première cible intermédiaire sont associées à une augmentation de l’ordre de 3 % à 5 % du nombre de décès attribuables (voir Tableau 3).

À des concentrations sur 8 heures dépassant $240 \mu\text{g}/\text{m}^3$, on considère comme probables des effets importants sur la santé. Cette conclusion est basée sur les résultats d’un grand nombre d’études d’inhalation clinique et d’études sur le terrain. On pourrait s’attendre à ce que les adultes en bonne santé et les asthmatiques présentent une diminution importante de la fonction pulmonaire et une inflammation des voies aériennes qui provoqueraient des symptômes et altéreraient leur performance. Des préoccupations supplémentaires sont liées à l’augmentation de la morbidité respiratoire chez les enfants. Selon les données des séries chronologiques, l’exposition à ces concentrations d’ozone de cette ampleur entraînerait une augmentation de 5 % à 9 % du nombre de décès attribuables par rapport aux expositions à la concentration de fond estimée (voir Tableau 3).

Tableau 3**Ligne directrice OMS relative à la qualité de l'air et cible intermédiaire pour l'ozone : concentrations sur 8 heures^a**

	Moyenne journalière maximum sur 8 heures ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Base de la concentration choisie
Fortes concentrations	240	Effets importants sur la santé ; proportion importante des populations vulnérables touchées.
Première cible intermédiaire	160	Effets importants sur la santé ; ne fournit pas une protection suffisante sur le plan de la santé publique. L'exposition à cette concentration d'ozone est associée à : <ul style="list-style-type: none">• des effets physiologiques et inflammatoires au niveau pulmonaire chez de jeunes adultes en bonne santé faisant de l'exercice exposés pendant des périodes de 6,6 heures ;• des effets sur la santé des enfants (d'après diverses études sur des camps de vacances dans lesquels des enfants ont été exposés aux concentrations d'ozone ambiantes) ;• une augmentation estimée de 3 % à 5 % de la mortalité journalière^a (d'après les résultats d'études journalières de séries chronologiques).
Ligne directrice relative à la qualité de l'air	100	Confère une protection suffisante en santé publique, bien que certains effets puissent apparaître au-dessous de cette concentration. L'exposition à cette concentration d'ozone est associée à : <ul style="list-style-type: none">• une augmentation estimée de 1 % à 2 % de la mortalité journalière^a (d'après les résultats d'études journalières sur des séries chronologiques) ;• une extrapolation des études au laboratoire et sur le terrain basée sur la probabilité que l'exposition réelle au cours de la vie ait tendance à être répétitive et que les études au laboratoire excluent les sujets très sensibles ou cliniquement très atteints, ou les enfants ;• la probabilité que l'ozone ambiant soit un marqueur des oxydants connexes.

^a Décès attribuables à l'ozone. Les études sur des séries chronologiques indiquent une augmentation de la mortalité journalière de l'ordre de 0,3 % à 0,5 % à chaque fois que les concentrations d'ozone sur 8 heures augmentent de 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ au-dessus d'une concentration de base estimée de 70 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

Dioxyde d'azote

Lignes directrices

NO₂: 40 µg/m³ moyenne annuelle
200 µg/m³ moyenne horaire

Justification

En tant que polluant de l'air, le dioxyde d'azote (NO₂) joue de multiples rôles souvent difficiles et parfois impossibles à séparer les uns des autres :

- i. Des études expérimentales réalisées chez l'homme et chez l'animal indiquent que le NO₂ – à des concentrations dépassant 200 µg/m³ pendant de courtes périodes – est un gaz toxique qui a des effets importants sur la santé. Les études de toxicologie chez l'animal laissent également à penser qu'une exposition à long terme au NO₂ à des concentrations supérieures aux concentrations ambiantes courantes a des effets indésirables.
- ii. De nombreuses études épidémiologiques se sont servies du NO₂ comme marqueur du cocktail de polluants liés à la combustion, en particulier de ceux émis par la circulation routière ou les sources de combustion à l'intérieur des habitations. Dans ces études, n'importe lequel des effets sur la santé observés pouvait également avoir été associé à d'autres produits de combustion comme les particules ultrafines, l'oxyde nitreux (NO_x), les particules ou le benzène. Bien que plusieurs études – réalisées en extérieur et en intérieur – aient essayé de s'intéresser aux risques que fait courir le NO₂ pour la santé, les effets de ces autres « copolluants » hautement corrélés ont souvent été difficiles à écarter.
- iii. La plus grande partie du NO₂ atmosphérique est émise sous forme de NO, qui est rapidement oxydé par l'ozone en NO₂. Le dioxyde d'azote, en présence d'hydrocarbures et de lumière ultraviolette, est la principale source d'ozone tro-

posphérique et d'aérosols à base de nitrate, qui constitue une fraction importante de la masse des MP_{2,5} de l'air ambiant.

La valeur indicative actuelle de l'OMS, qui est de 40 µg/m³ (moyenne annuelle), a été fixée pour protéger le grand public des effets du dioxyde d'azote gazeux sur la santé. Sa justification tient à ce que, du fait que la plupart des méthodes de réduction sont spécifiques aux NO_x, elles ne sont pas destinées à lutter contre les autres « copolluants » et peuvent même accroître leurs émissions. Cependant, si l'on surveille le NO₂ en tant que marqueur des mélanges polluants complexes générés par la combustion, une valeur indicative annuelle plus faible devrait être utilisée (OMS, 2000).

Expositions à long terme

On ne dispose toujours pas d'une base solide à partir de laquelle fixer une valeur indicative moyenne annuelle pour le NO₂ via un effet toxique direct. Cependant, des données sont apparues qui font croître les inquiétudes concernant les effets sur la santé associés aux mélanges polluants atmosphériques contenant du NO₂. Par exemple, les études épidémiologiques ont montré que les symptômes bronchiques des enfants asthmatiques augmentent chez l'enfant avec la concentration annuelle de NO₂ et que le développement de la fonction pulmonaire est ralenti par des concentrations élevées de NO₂ dans les communautés où les concentrations dans l'air ambiant sont déjà celles des régions urbaines d'Amérique du Nord et d'Europe. Un certain nombre d'études publiées récemment ont démontré que le NO₂ peut mon-

trer une plus grande variation dans l'espace que les autres polluants de l'air liés à la circulation routière, comme par exemple la masse des particules. Ces études ont également permis de constater des effets indésirables sur la santé d'enfants vivant dans des agglomérations caractérisées par des concentrations plus élevées de NO₂, même dans les cas où la concentration globale de NO₂ dans toute la ville était assez faible.

Les études récentes effectuées en intérieur ont fourni des preuves d'effets sur les symptômes respiratoires des nourrissons à des concentrations de NO₂ inférieures à 40 µg/m³. Ces associations ne peuvent complètement s'expliquer par une coexposition aux particules, mais il semblerait que d'autres composantes du mélange (comme le carbone organique et les vapeurs d'acide nitreux) pourraient partiellement expliquer l'association observée.

Pris ensemble, les résultats plaideraient en faveur d'un abaissement de la valeur indicative annuelle actuelle du NO₂. Cependant, on ne sait pas dans quelle mesure les effets observés sur la santé dans ces études épidémiologiques sont attribuables au NO₂ proprement dit ou aux autres produits primaires et secondaires liés à la combustion avec lesquels il est classiquement corrélé. Ainsi, on peut avancer que la littérature scientifique disponible n'a pas suffisamment accumulé de preuves pour justifier la révision de la valeur indicative existante concernant les concentrations annuelles de NO₂. Quoi qu'il en soit, puisque les concentrations de NO₂ dans l'air ambiant sont systématiquement mesurées, mais que celles des autres polluants issus

de la combustion qui lui sont corrélées ne le sont pas, il semble raisonnable de conserver une valeur limite prudente pour la moyenne annuelle de NO₂. Une telle limite tient compte du fait qu'il peut y avoir des effets toxiques directs de l'exposition chronique à de faibles concentrations de NO₂. En outre, le fait de maintenir la valeur indicative annuelle pourrait permettre de réguler les mélanges complexes de polluants liés à la combustion (provenant principalement de la circulation routière).

Expositions à court terme

Un certain nombre d'études expérimentales à court terme de toxicologie chez l'homme ont rapporté des effets aigus sur la santé après exposition pendant 1 heure à des concentrations de NO₂ dépassant 500 µg/m³. Bien que la concentration minimale de NO₂ montrant un effet direct sur la fonction pulmonaire des asthmatiques dans plusieurs laboratoires soit de 560 µg/m³, les études sur la réactivité bronchique de ces derniers laissent à penser qu'elle augmente dès que les concentrations sont supérieures ou égales à 200 µg/m³.

Puisque la valeur indicative à court terme existante pour le NO₂, qui est de 200 µg/m³ (1 heure), n'a pas été remise en cause par des études plus récentes, elle est conservée.

En conclusion, les valeurs indicatives pour le NO₂ restent inchangées par rapport aux lignes directrices OMS existantes, c'est-à-dire qu'elles sont de 40 µg/m³ pour la moyenne annuelle et de 200 µg/m³ pour la moyenne sur 1 heure.

Dioxyde de soufre

Lignes directrices

SO₂: **20 µg/m³ moyenne sur 24 heures**
500 µg/m³ moyenne sur 10 minutes

Justification

Expositions à court terme

Des études contrôlées ayant porté sur des asthmatiques faisant de l'exercice indiquent qu'une proportion d'entre eux montre des modifications de la fonction pulmonaire et des symptômes respiratoires après des temps d'exposition au SO₂ de seulement 10 minutes. Il est donc recommandé, sur la base de ces données, de ne pas dépasser une concentration de SO₂ de 500 µg/m³ au-delà de durées moyennes de 10 minutes. Du fait que l'exposition à court terme au SO₂ dépend beaucoup de la nature des sources locales de SO₂ et des conditions météorologiques dominantes, il n'est pas possible d'appliquer un simple facteur à cette valeur pour estimer les valeurs indicatives correspondantes sur des périodes plus longues, par exemple sur une heure.

Expositions à long terme (supérieures à 24 heures)

Les premières estimations des changements enregistrés au jour le jour dans la mortalité, la morbidité ou la fonction pulmonaire et liés à des concentrations moyennes de SO₂ sur 24 heures ont nécessairement été basées sur des études épidémiologiques dans lesquelles les gens sont généralement exposés à un mélange de polluants. Comme il y avait peu de raison de distinguer chaque polluant dans les résultats observés sur la santé, avant 1987, les valeurs indicatives du SO₂ étaient liées aux valeurs correspondantes de particules. Cette méthode a conduit à fixer la valeur indicative du SO₂ à 125 µg/m³ en moyenne sur 24 heures, après avoir appliqué un facteur d'incertitude de 2 à la concentration la plus basse à laquelle des

effets indésirables ont été observés (OMS, 1987). Dans la deuxième édition des *Air quality guidelines for Europe* de l'OMS (OMS, 2000), il a été noté que des études épidémiologiques ultérieures avaient documenté des effets indésirables sur la santé publique distincts et indépendants pour les particules et le SO₂, ce qui a conduit à la définition par l'OMS d'une valeur distincte pour le SO₂ de 125 µg/m³ (moyenne sur 24 heures). Les données les plus récentes comprennent une étude effectuée à Hong Kong (Hedley et al., 2002), dans laquelle une réduction majeure de la teneur en sulfure des carburants a été obtenue en une très courte période, liée à une nette diminution des effets sur la santé (par exemple, maladies respiratoires chez l'enfant et mortalité tous âges confondus). Les études récentes sur des séries chronologiques portant sur les admissions hospitalières pour pathologie cardiaque à Hong Kong et à Londres, n'ont fourni aucune preuve de l'existence d'un seuil pour les effets sur la santé de concentrations de SO₂ de l'ordre de 5 à 40 µg/m³ sur 24 heures (Wong et al., 2002). Les concentrations de SO₂ sur 24 heures ont été nettement associées aux taux de mortalité journalière dans 12 villes canadiennes dans lesquelles la concentration moyenne n'était que de 5 µg/m³ (la concentration moyenne de SO₂ la plus élevée était inférieure à 10 µg/m³) (Burnett et al., 2004). Dans l'étude de l'American Cancer Society (ACS) (voir Particules), on a observé des associations significatives entre la concentration de SO₂ et la mortalité pour la cohorte 1982-1998 dans 126 agglomérations des Etats-Unis d'Amérique dans lesquelles la concentration moyenne de SO₂ enregistrée était de 18 µg/m³, et la moyenne la plus élevée de 85 µg/m³ (Pope et al., 2002). S'il y avait eu un seuil à partir duquel les effets se faisaient sentir dans l'une ou l'autre de ces études, il aurait été très bas.

Il y a encore une très grande incertitude concernant le fait de savoir si le SO₂ est bien le polluant responsable des effets indésirables observés ou s'il n'est qu'un substitut des particules ultrafines ou d'une autre substance corrélée. L'Allemagne (Wichmann et al., 2000) et les Pays-Bas (Buringh, Fisher & Hoek, 2000) ont observé une forte réduction des concentrations de SO₂ en dix ans mais, si la mortalité a également décliné avec le temps, l'association entre SO₂ et mortalité n'a pas été considérée comme ayant été la cause de cette baisse dans les deux cas, mais a plutôt été attribuée à une tendance analogue observée dans le temps pour un polluant différent (Particules).

Etant donné : a) l'incertitude liée au fait que le SO₂ soit la cause des effets observés ; b) la difficulté pratique qu'il y a à atteindre des concentrations dont on est sûr qu'elles ne sont associées à aucun effet ; et c) la nécessité de fournir un degré de protection supérieur à celui fourni par la ligne directrice actuelle et, partant du principe que l'on réduit l'exposition à une substance responsable de ces effets et corrélée en diminuant les concentrations de SO₂, on est donc fondé à réviser à la baisse la ligne directrice sur

24 heures pour le SO₂ en adoptant une approche prudente avec une valeur de 20 µg/m³.

Une ligne directrice annuelle n'est pas nécessaire puisque l'observance de la concentration sur 24 heures garantira des concentrations moyennes annuelles faibles. Ces valeurs indicatives recommandées pour le SO₂ ne sont pas liées à celles des particules. Comme la valeur indicative révisée sur 24 heures peut être très difficile à atteindre pour certains pays à court terme, une approche progressive fixant des objectifs intermédiaires est recommandée (voir Tableau 4). Par exemple, un pays pourrait essayer de se rapprocher de la ligne directrice en contrôlant les émissions d'une grande source de polluants à la fois, en choisissant parmi les émissions des véhicules à moteur, les émissions industrielles et les émissions des centrales énergétiques (ce qui permettrait d'obtenir le maximum d'effet sur les concentrations de SO₂ pour le coût le plus bas), et d'assurer un suivi en surveillant la santé publique et les concentrations de SO₂ afin d'apprécier les gains en termes de santé. Le fait de mettre en évidence les bienfaits ainsi obtenus devrait inciter à prescrire ensuite des limites pour la grande source de pollution suivante.

Tableau 4
Lignes directrices OMS relatives à la qualité de l'air et cibles intermédiaires pour le SO₂ : concentrations sur 24 heures et 10 minutes

	Moyenne sur 24 heures (µg/m ³)	Moyenne sur 10 minutes (µg/m ³)	Base de la concentration choisie
Première cible intermédiaire ^a	125	-	
Deuxième cible intermédiaire	50	-	Objectif intermédiaire basé sur le contrôle des émissions des véhicules à moteur, des émissions industrielles et/ou des émissions des centrales énergétiques. Ce serait un objectif raisonnable et faisable dans certains pays en développement (qui pourrait être atteint en quelques années), qui conduirait à des améliorations importantes de la santé, qui à leur tour, justifieraient d'autres améliorations (par exemple viser la valeur des lignes directrices).
Lignes directrices relatives à la qualité de l'air	20	500	

^a Ancienne ligne directrice OMS relative à la qualité de l'air (OMS, 2000).

Références bibliographiques

- Buringh E, Fischer P, Hoek G (2000). Is SO₂ a causative factor for the PM-associated mortality risks in the Netherlands? *Inhalation Toxicology*, 12(Suppl.):S55–S60.
- Burnett RT et al. (2004). Associations between short-term changes in nitrogen dioxide and mortality in Canadian cities. *Archives of Environmental Health*, 59:228–236.
- Cohen A et al. (2004). Mortality impacts of urban air pollution. In: Ezzati M et al., eds. *Comparative quantification of health risks: global and regional burden of disease attributable to selected major risk factors*. Genève, Organisation mondiale de la Santé :1353–1434.
- Dockery DW et al. (1993). An association between air pollution and mortality in six U.S. cities. *New England Journal of Medicine*, 329:1753–1759.
- Hedley AJ et al. (2002). Cardiorespiratory and all-cause mortality after restrictions on sulfur content of fuel in Hong Kong: an intervention study. *Lancet*, 360:1646–1652.
- HEI (2000). *Reanalysis of the Harvard Six-Cities study and the American Cancer Society study of particulate air pollution and mortality. A special report of the Institute's Particle Epidemiology reanalysis Project*. Cambridge, Massachusetts (États-Unis d'Amérique), Health Effects Institute.
- HEI International Oversight Committee (2004). *Health effects of outdoor air pollution in developing countries of Asia: a literature review*. Boston, Massachusetts (États-Unis d'Amérique), Health Effects Institute (Special Report No. 15).
- Jerrett M (2005). Spatial analysis of air pollution and mortality in Los Angeles. *Epidemiology*, 16:727–736.
- Katsouyanni K et al. (2001). Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: results from 29 European cities within the APHEA2 project. *Epidemiology*, 12:521–531.
- OMS (1987). *Air quality guidelines for Europe*. Copenhague, Organisation mondiale de la Santé, Bureau régional OMS de l'Europe, 1987 (OMS, Publications régionales, Série européenne, N° 23).
- OMS (2000). *Air quality guidelines for Europe, 2nd ed.* Copenhague, Organisation mondiale de la Santé, Bureau régional OMS de l'Europe, 2000 (OMS, Publications régionales, Série européenne, N° 91).
- Pope CA et al. (1995). Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U.S. adults. *American Journal of Respiratory and Critical Care Medicine*, 151:669–674.
- Pope CA et al. (2002). Lung cancer, cardiopulmonary mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *Journal of the American Medical Association*, 287:1132–1141.
- Samet JM et al. (2000). The National Morbidity, Mortality, and Air Pollution Study. Part II: Morbidity and mortality from air pollution in the United States. *Research Reports of the Health Effects Institute*, 94:5–70.
- Wong CM et al. (2002). A tale of two cities: effects of air pollution on hospital admissions in Hong Kong and London compared. *Environmental Health Perspectives*, 110:67–77.
- Wichmann HE et al. (2000). *Daily mortality and fine and ultrafine particles in Erfurt, Germany. Part 1: Role of particle number and particle mass*. Cambridge, Massachusetts (États-Unis d'Amérique), Health Effects Institute (Research Report No. 98).

Les lignes directrices relatives à la qualité de l'air visent à offrir des indications sur la façon de réduire les effets de la pollution de l'air sur la santé. Basées sur un examen des données scientifiques accumulées, les valeurs indicatives révisées concernant les polluants de l'air les plus courants sont présentées dans le présent document. Ces lignes directrices sont applicables dans toutes les Régions de l'OMS et ont pour but d'informer les responsables de l'élaboration des politiques, qui envisagent diverses possibilités de gestion de la qualité de l'air dans différentes parties du monde, des cibles à atteindre.