

Ozone: trop pour nos bronches, trop pour le climat, et pas assez pour se protéger du soleil

Pendant les chaleurs de l'été, l'ozone est chaque année mis en accusation à la une des journaux. L'ozone contenu dans la couche inférieure de l'atmosphère (troposphère) n'a pas seulement des effets négatifs sur la santé, mais agit aussi comme gaz à effet de serre et augmente donc ce dernier. La concentration moyenne d'ozone dans la troposphère a augmenté d'un bon tiers depuis 1750, principalement en raison des émissions provenant des activités humaines. Des différents gaz à effet de serre produits par l'être humain, l'ozone est le troisième en importance, après le CO₂ et le méthane. Sa contribution à l'effet de serre représente un quart de celle du CO₂. Etant donné que sa durée de vie est beaucoup plus courte que celle du CO₂, les mesures de réduction prises pour l'ozone exercent leur action plus rapidement.

Plus haut dans l'atmosphère, la couche d'ozone stratosphérique filtre le rayonnement UV et protège ainsi les êtres vivants des rayons UV nocifs émanant du Soleil. Au cours des dernières décennies, des substances chimiques produites par l'être humain (CFC) sont parvenues dans cette couche et y ont détruit des quantités croissantes d'ozone, surtout au-dessus des régions polaires. Grâce à l'interdiction mondiale de ces substances, la destruction de la couche d'ozone semble lentement cesser. Toutefois, la plupart des produits de substitution sont des gaz à effet de serre et continuent donc de réchauffer le climat.

Trop d'ozone pour nos bronches et pour le climat dans la basse atmosphère, pas assez dans la haute atmosphère pour nous protéger du soleil - ces trois effets négatifs ont un seul et même antidote: la limitation des rejets de substances polluantes dans l'atmosphère.

Chaque été, c'est la même chanson: les valeurs limites pour l'ozone sont dépassées. Alors que le beau temps nous invite à s'ébattre et prendre un bon bol d'air, les hauts niveaux d'ozone viennent troubler notre quiétude. La sensibilité à ces hauts niveaux d'ozone diffère d'un individu à l'autre. Les uns en ressentent les inconvénients davantage que d'autres.

L'irritation des yeux et des voies respiratoires figurent parmi les effets les plus perceptibles, la diminution de la fonction pulmonaire est une conséquence mesurable, mais qui n'est qu'indirectement perçue. Ces malaises sont réversibles, ils disparaissent lorsque la concentration d'ozone diminue. Les effets à long terme sont difficiles à étudier et encore peu clairs. Par contre, les effets à long terme sur la croissance de certaines espèces végétales (par exemple une diminution de leur rendement) sont connus et peuvent même se manifester par l'apparition de taches, dans le cas du trèfle par exemple.

Les atteintes de courte durée à la santé dépendent des valeurs de pointe des concentrations journalières, qui se présentent en général l'après-midi ou aussi le soir dans certaines régions. En Suisse (à l'exception du flanc sud des Alpes), ces valeurs de pointe sont presque exclusivement déterminées par les émissions locales et régionales de gaz dans l'atmosphère. Les mesures de réduction de ces émissions, notamment au niveau du trafic routier motorisé (avant tout le catalyseur), ont entraîné une légère diminution des nuisances. Ainsi les valeurs de pointe absolues ont-elles en général reculé ces dernières années. L'évolution future dépendra de l'augmentation du trafic motorisé et des nouvelles dispositions techniques. Des progrès seraient possibles en recourant davantage aux véhicules à faible consommation et en faisant appel dans l'industrie à des supports énergétiques produisant peu d'émanations.

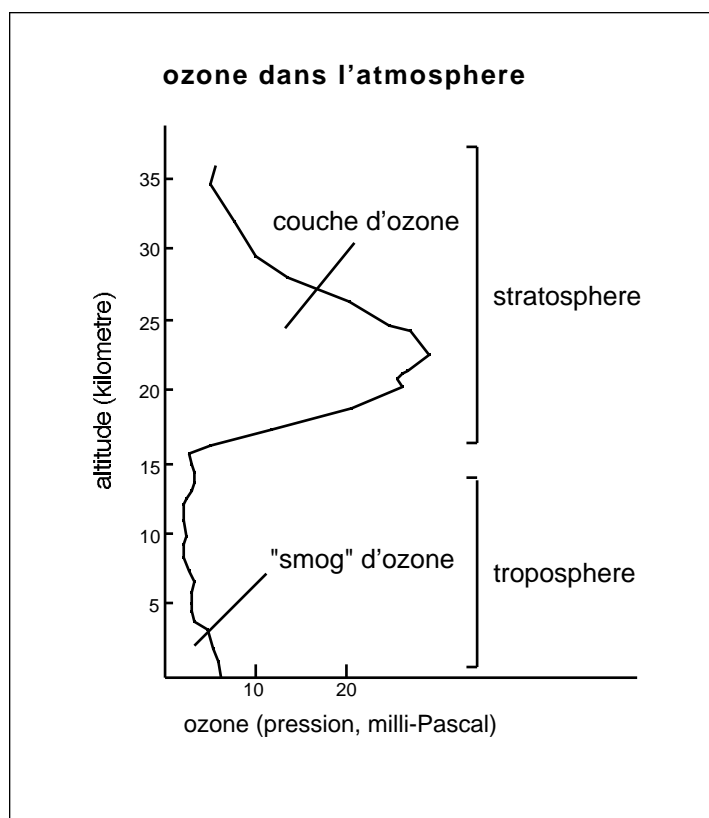
La diminution à court terme des nuisances dues aux épisodes de nuages photochimiques (smog estival) n'est possible que par des limitations du trafic rigoureuses et appliquées plusieurs jours consécutifs dans un vaste secteur - à l'heure actuelle, des telles mesures n'ont guère de chance de passer la rampe politique.

L'ozone proche du sol augmente en moyenne

Selon les estimations les plus récentes, l'exposition chronique à la pollution atmosphérique favorise chaque année en Suisse plusieurs milliers de décès et des dizaines de

Formation et dégradation de l’ozone: L’ozone à *proximité du sol* se forme, quand le rayonnement solaire est intense, principalement à partir des oxydes d’azote et des hydrocarbures; ce processus fait appel à plusieurs réactions chimiques. Mais en l’absence de rayonnement ou à très haute concentration (avant tout à proximité des sources), des oxydes d’azote (NO) détruisent de nouveau l’ozone.

Dans la *stratosphère*, ce sont avant tout des atomes de chlore qui conduisent à la dégradation de l’ozone. Ces atomes de chlore sont libérés par les CFC sous l’action du rayonnement solaire de courte longueur d’onde. Ils sont d’abord en grande partie stockés, avant d’être réactivés à très basse température, par des réactions chimiques qui ont lieu sur des particules de glace et déclenchent le processus de dégradation de l’ozone.



Les **CFC** (chlorofluorocarbures) furent utilisés pendant les années 70 avant tout comme gaz propulseurs de bombes aérosols et plus tard comme réfrigérants. Aux températures régnant à la surface du globe, ils sont très stables et transportés lentement dans la stratosphère (ce transfert prend plusieurs années).

La troposphère: C’est la couche inférieure de l’atmosphère. Son épaisseur aux latitudes moyennes se situe à peu près entre 9 et 12 km. Dans cette couche se déroulent les processus météorologiques (formation des nuages, zones de haute et de basse pression, fronts etc.). Elle contient environ 10% de l’ozone atmosphérique.

La stratosphère: C’est la couche suivante de l’atmosphère. Elle s’étend en gros entre 15 et 50 km d’altitude et comprend la ‘couche d’ozone’ (entre 20 et 25 km d’altitude environ), ainsi nommée en raison de sa concentration élevée en ozone. Elle contient quelque 90% de l’ozone atmosphérique. Cette couche absorbe une grande partie du rayonnement UV-B émanant du soleil.

milliers de maladies des voies respiratoires (par exemple bronchites). La cause en est au premier chef les fines particules de poussière (PM10), mais aussi d’autres polluants tels que le NO₂, l’ozone etc. Il n’est cependant pas possible d’attribuer un effet bien défini à chaque polluant. Tandis que l’exposition à la poussière fine et aux oxydes d’azote a nettement diminué ces dernières années, la concentration moyenne d’ozone a un peu augmenté en Suisse, contrairement aux valeurs de pointe qui sont légèrement en baisse. La raison à cela n’est pas claire. Des causes possibles sont une dégradation moins forte de l’ozone (voir encadré), avant tout dans les agglomérations, mais aussi une augmentation de la pollution diffuse, c’est-à-dire de la concentration des polluants dans l’air ‘propre’.

L’ozone réchauffe le climat

En conséquence des rejets croissants de polluants précurseurs (avant tout les oxydes d’azote et les hydrocarbures), la quantité totale d’ozone dans la couche inférieure de l’atmosphère (troposphère, voir encadré) a augmenté d’environ 36% depuis 1750. Vu que l’ozone dans cette couche, en particulier dans sa partie supérieure, agit comme un puissant gaz à effet de serre, cette augmentation renforce l’effet de serre causé par l’homme. L’effet radiatif positif, respectivement l’effet ‘calorifique’ de cet ozone supplémentaire représente 0.35 Watt/m², soit à peu près un quart de l’effet dû au CO₂ excédentaire (environ 1.5 W/m²), ce qui le met en troisième position parmi les gaz à effet de serre.

produits par l'homme, après le méthane (environ 0.5 W/m²) et juste avant les hydrocarbures halogénés. Cependant, la concentration d'ozone varie très fortement d'une région à l'autre, contrairement à celle des autres gaz à effet de serre cités ci-dessus. Etant donné sa courte durée de vie, l'ozone réagit beaucoup plus vite aux variations d'émission que les autres gaz à effet de serre, raison pour laquelle il n'est souvent même pas considéré comme un véritable gaz à effet de serre.

Trop peu d'ozone en altitude

L'ozone dans la couche supérieure contiguë de l'atmosphère, la stratosphère (voir encadré), a une tout autre signification. Il agit comme bouclier protecteur contre les rayons UV émanant du soleil - on parle souvent à son sujet de 'la couche d'ozone'. Certains composés chimiques de synthèse, les chlorofluorocarbures (CFC), utilisés d'abord comme propulseurs d'aérosols et plus tard comme réfrigérants, sont parvenus au cours des années jusque dans la stratosphère et dans la couche d'ozone. Là, leur présence conduit à une dégradation de l'ozone, dans les cas extrêmes même à un trou d'ozone. La destruction de la couche d'ozone fut découverte il y a une vingtaine d'années, d'abord dans l'Antarctique. La diminution observée à l'aide de satellites fut d'abord interprétée comme une erreur de mesure, avant d'être reconnue comme réelle. Depuis lors, le 'trou d'ozone' qui se forme chaque année en octobre au-dessus de l'Antarctique n'a cessé de grandir; l'an passé, il s'est étendu pour la première fois jusque au-dessus de régions habitées (Punta Arenas, au sud du Chili). Depuis quelques années, on observe aussi une forte dégradation de l'ozone au-dessus du pôle nord, au printemps. Ici, on n'observe pas tant un 'trou', mais plutôt une dilution générale de la couche d'ozone, de grande étendue, mais dont l'importance et l'emplacement peuvent varier d'une année à l'autre selon les paramètres météorologiques.

Comme l'échange de substances entre la troposphère et la stratosphère est très lent, les concentrations d'ozone dans ces deux couches sont fortement découplées. L'ozone 'excédentaire' dans la troposphère ne peut donc pas remplacer l'ozone manquant dans la stratosphère.

La couche d'ozone sous protection

On estime avoir compris dans une large mesure les mécanismes à l'origine du trou d'ozone. Des efforts ont été entrepris au niveau politique pour réduire les émissions de CFC et si possible les supprimer complètement. Le protocole de Montréal, entré en vigueur le 1er janvier 1989, comprend des accords pour limiter fortement ou arrêter complètement la production des CFC. Au cours des années suiv-

antes, la consommation de CFC, tant dans l'UE qu'aux USA, fut réduite à un centième environ de la quantité utilisée antérieurement, et même complètement supprimée au Japon. Des CFC continuent d'être produits en Chine, aux Indes et en Russie, ainsi que dans quelques pays de l'Est; une partie de cette production est exportée en contrebande dans des pays occidentaux. Mais démonstration est faite que des accords mondiaux de grande portée peuvent être conclus en relativement peu de temps pour réduire des émissions nocives, pour autant qu'ils n'aillent pas à l'encontre de gros intérêts politiques ou économiques. Contrairement au protocole de Kyoto, qui touche pratiquement à toute l'économie et à la société, peu de branches industrielles sont concernées par le protocole de Montréal. La réalisation de procédés techniques alternatifs excluant les CFC a également contribué aux succès des accords internationaux.

Le succès se fait attendre

Vu que les transferts entre les couches proches du sol et la stratosphère prennent de nombreuses années, les dispositions prises n'exercent leur effet que très lentement. Aujourd'hui, la concentration dans les couches inférieures de

Personnes de contact:

Ozone et santé:

PD Dr. Nino Künzli, Institut für Sozial- und Präventivmedizin, Universität Basel, Steinengraben 49, 4051 Basel, Tel.: 061-267 65 14, Fax: 061-267 61 90, e-mail: nino.kuenzli@unibas.ch

Prof. Philippe F. Leuenberger, Département de médecine interne, Division de pneumologie, Université de Lausanne, CHUV, 1011 Lausanne, Tel.: 021-314 13 73, e-mail: philippe.leuenberger@chuv.hospvd.ch

Ozone et smog estival:

Dr. Stefan Brönnimann, KLIMET, Geographisches Institut, Universität Bern, Hallerstrasse 12, 3012 Bern, Tel.: 031-631 88 68, Fax: 031-631 85 11, e-mail: broenn@giub.unibe.ch

Dr. Urs Neu, ProClim, Bärenplatz 2, 3011 Bern, Tel.: 031-328 23 26, Fax: 031-328 23 20, e-mail: neu@sanw.unibe.ch

Trou d'ozone, ozone et l'effet de serre:

Dr. Johannes Staehelin, Institute for Atmospheric and Climate Science - IACETH, ETH Zürich, Hönggerberg HPP, 8093 Zürich, Tel.: 01-633 27 48, Fax: 01-633 10 58, e-mail: staehelin@atmos.umnw.ethz.ch

Prof. Niklaus Kämpfer, Institut für Angewandte Physik, Universität Bern, Sidlerstr. 5, 3012 Bern, Tel.: 031) 631 89 08, Fax: 031-631 37 65, e-mail: kaempfer@mw.iap.unibe.ch

Dr. Michel J. Rossi, Lab. de Pollution Atmosphérique et du Sol, Institut de Génie de l'Environnement (IGE), EPF Lausanne, Ecublens, 1015 Lausanne, Tel.: 021-693 53 21, Fax: 021-693 36 26, e-mail: michel.rossi@epfl.ch

l'atmosphère diminuent lentement pour certains CFC, pour d'autres on constate un ralentissement de croissance. Cependant, la couche d'ozone ne commencera à récupérer que dans quelques années, et ce processus s'étendra sur des dizaines d'années. Par ailleurs, de nouveaux gaz rejetés par l'homme dans l'atmosphère pourraient remettre en question l'échelle de temps du rétablissement de l'atmosphère. Au cours des prochaines années, il faudra encore compter avec la formation de 'trous d'ozone' de grande étendue, qui pourraient même s'accroître dans l'hémisphère nord. On espère néanmoins être arrivé à un tournant en ce qui concerne la couche d'ozone, contrairement à ce qui se passe pour les gaz à effet de serre. Mais le prix payé pour cela est lourd: les produits de substitution, utilisés en partie à la place des CFC, sont presque tous des gaz à effet de serre très efficaces! On ignore aussi jusqu'à maintenant les effets sur le climat de la diminution de l'ozone stratosphérique qui mène à une diminution de la température des couches.

L'antidote

L'antidote le plus efficace aux problèmes qui subsistent encore est la limitation de la consommation de supports énergétiques fossiles, et par là des émissions. Ainsi fait-on d'une pierre deux coups, et même plus, car on diminue simultanément les émissions de plusieurs polluants: moins de précurseurs (NO₂, hydrocarbures) signifie aussi une moindre production d'ozone dans la troposphère et donc une réduction de l'exposition à court terme à des substances nuisibles à la santé et une diminution de l'effet de serre. Moins de NO₂ et de poussières fines signifie une réduction de l'exposition nocive à long terme, et moins de CO₂ veut dire aussi moins de gaz à effet de serre. Les mesures d'économie d'énergie ne sont pas importantes seulement par rapport au CO₂, mais elles ont aussi des conséquences positives perceptibles ici, chez nous.

Publications

Rapports IPCC disponibles

Le troisième rapport de l'IPCC sur l'état du savoir est disponible depuis peu également sous forme de livre (en anglais). Ces trois volumes constituent l'ouvrage de référence pour toutes les questions relatives au changement climatique; un index permet de les consulter plus facilement à propos de problèmes spécifiques.

A recommander aussi la vue d'ensemble que fournissent le résumé destiné aux décideurs politiques (version populaire; 'Summary for Policymakers', en anglais) et le résumé technique (version scientifique: 'Technical Summary', en

anglais également). Ces résumés peuvent être téléchargés gratuitement sur Internet en format pdf (www.ipcc.ch).

L'IPCC fournira une traduction française officielle du résumé destiné aux décideurs politiques. Elle sera disponible en automne environ.

Les rapports détaillés peuvent être demandés au secrétariat de l'IPCC, c/o Organisation Météorologique Mondiale, 7bis avenue de la Paix, C.P. 2300, 1211 Genève, tél.: +41-22 - 730 82 08 / 82 84, fax: +41 - 22 - 730 80 25, e-mail: ipcc_sec@gateway.wmp.ch.

Conférences intéressantes

7 septembre 2001

L'eau des Alpes - Comment résoudre les conflits d'utilisation?

Lieu: Universität Luzern, Pfistergasse 20, 6002 Luzern

Organisation: La Commission interacadémique Recherche alpine (ICAS) et le Comité national de l'« International Human Dimensions Programme on Global Environmental Change (IHDP)

Info: Comité IHDP, c/o SAGW, case postale, 3001 Berne, tél: (41 31) 311 33 76, e-mail: pieren@sagw.unibe.ch

<http://www.alpinstudies.unibe.ch/tagungen/luzern01/luzern0f.html>

La pollution et le gaspillage d'eau tout comme l'utilisation et l'absence d'eau potable sont des problèmes actuels qui doivent être résolus ces prochaines années. En raison de la

présence de nombreuses réserves d'eau et de leur exploitation intensive par différents acteurs, les régions de l'arc alpin et leurs environs sont fortement concernés par quelques-unes de ces questions. Outre les connaissances techniques, il s'agit aujourd'hui de comprendre les causes humaines de ces problèmes et les rapports de la société avec l'eau. Ce colloque répond à trois buts: Mettre en évidence les recherches en sciences sociales suisses sur l'utilisation de l'eau; Encourager la coopération et la coordination entre les chercheurs en sciences sociales et en sciences naturelles; Souligner le rôle des sciences sociales dans la recherche actuelle et future sur l'eau.