



Extrait du rapport du groupe de l'évaluation scientifique*

Vingt questions et réponses concernant la couche d'ozone : mise à jour 2010

Sommaire

- **L'ozone dans l'atmosphère**

- Q1 Qu'est-ce que l'ozone et où se trouve-t-il dans l'atmosphère?
- Q2 Comment l'ozone se forme-t-il dans l'atmosphère?
- Q3 Pourquoi nous intéressons-nous à l'ozone atmosphérique?
- Q4 L'ozone total est-il réparti uniformément sur la planète?
- Q5 Comment mesure-t-on les concentrations d'ozone dans l'atmosphère?

- **Le processus d'appauvrissement de la couche d'ozone**

- Q6 Quelles sont les principales étapes de l'appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique dû aux activités humaines?
- Q7 Quelles sont les émissions liées aux activités humaines qui entraînent un appauvrissement de la couche d'ozone?
- Q8 Quels sont les gaz halogènes réactifs qui détruisent l'ozone stratosphérique?
- Q9 Quelles sont les réactions avec le chlore et le brome qui détruisent l'ozone stratosphérique?
- Q10 Pourquoi un « trou d'ozone » est-il apparu au-dessus de l'Antarctique alors que les gaz appauvrissant la couche d'ozone sont présents dans toute la stratosphère?

- **L'appauvrissement de l'ozone stratosphérique**

- Q11 Quel est le degré de gravité de l'appauvrissement de la couche d'ozone antarctique?
- Q12 La couche d'ozone arctique s'appauvrit-elle?
- Q13 Quelle est l'ampleur de l'appauvrissement de la couche d'ozone à l'échelle mondiale?
- Q14 Les changements dans les éruptions solaires et volcaniques influent-ils sur la couche d'ozone?

- **Le contrôle des gaz appauvrissant la couche d'ozone**

- Q15 La production de gaz appauvrissant la couche d'ozone est-elle réglementée?
- Q16 Le Protocole de Montréal est-il parvenu à réduire les quantités de gaz appauvrissant la couche d'ozone dans l'atmosphère?

- **Les conséquences de l'appauvrissement de la couche d'ozone**

- Q17 L'appauvrissement de la couche d'ozone accroît-il le rayonnement ultraviolet au niveau du sol?
- Q18 L'appauvrissement de la couche d'ozone est-il la principale cause des changements climatiques?
- Q19 La réduction des émissions de substances qui appauvrissent la couche d'ozone au titre du Protocole de Montréal a-t-elle également permis de protéger le climat mondial?

- **L'avenir de l'ozone stratosphérique**

- Q20 Comment l'ozone devrait-il évoluer dans les décennies à venir?

*Le document complet peut être téléchargé à l'adresse suivante : http://ozone.unep.org/Assessment_Panels/SAP/Scientific_Assessment_2010/SAP-2010-FAQs-update.pdf





L'ozone dans l'atmosphère

Q1 Qu'est-ce-que l'ozone et où se trouve-t-il dans l'atmosphère?

L'ozone est un gaz présent naturellement dans notre atmosphère. Chaque molécule d'ozone est formée de trois atomes d'oxygène et a pour formule chimique O_3 . L'ozone est principalement présent dans deux régions de l'atmosphère. 10 % environ de l'ozone atmosphérique se situe dans la troposphère, région la plus proche de la Terre (située entre la surface de la Terre et une altitude d'environ 10 à 16 km (6 à 10 miles)). Le reste de l'ozone (soit 90 % du volume total) se trouve dans la stratosphère, entre la

couche supérieure de la troposphère et 50 km (31 miles) d'altitude. La grande quantité d'ozone présente dans la stratosphère forme ce que l'on appelle communément la « couche d'ozone ».

Q2 Comment l'ozone se forme-t-il dans l'atmosphère?

L'ozone se forme dans toute l'atmosphère par des processus chimiques comportant de multiples étapes et faisant appel à la lumière solaire. Dans la stratosphère, le processus commence avec la dissociation d'une molécule d'oxygène (O_2) sous l'action du rayonnement ultraviolet du Soleil. Dans la basse atmosphère (troposphère), l'ozone se forme à la suite d'une série de réactions chimiques différentes faisant intervenir des gaz naturellement présents dans l'atmosphère et des gaz provenant de sources de pollution.

Q3 Pourquoi nous intéressons-nous à l'ozone atmosphérique?

L'ozone présent dans la stratosphère absorbe une grande partie des rayons solaires ultraviolets qui ont des effets nocifs sur les systèmes biologiques. C'est ce qu'on appelle le « bon ozone » car il a un rôle protecteur. En revanche, l'ozone qui se forme à la surface de la Terre et s'ajoute aux niveaux naturels d'ozone est considéré comme le « mauvais ozone » car il présente un danger pour l'homme, la flore et la faune. L'ozone naturel, à proximité de la surface terrestre et dans la basse atmosphère, joue un rôle bénéfique de première importance en éliminant chimiquement les polluants de l'atmosphère.

Q4 L'ozone total est-il réparti uniformément sur la planète?

Non, la quantité totale d'ozone au-dessus de la surface terrestre varie selon les lieux et sur des échelles de temps de l'ordre d'une journée à une saison. Ces variations sont dues aux mouvements d'air stratosphérique à grande échelle, ainsi qu'à la production et la destruction chimiques de l'ozone. C'est généralement au-dessus de l'équateur que les concentrations d'ozone sont les plus faibles et à proximité des pôles qu'elles sont les plus élevées.

Q5 Comment mesure-t-on les concentrations d'ozone dans l'atmosphère?

La quantité d'ozone présente dans l'atmosphère se mesure à l'aide d'instruments au sol et d'instruments emportés par des ballons, des avions et des satellites. Certains instruments mesurent les concentrations d'ozone en un point donné en aspirant en continu des échantillons d'air dans un détecteur d'ozone. D'autres instruments de mesure utilisent des systèmes de télédétection à longue distance basés sur les propriétés d'absorption de la lumière et d'émission propres à l'ozone.

Le processus d'appauvrissement de la couche d'ozone

Q6 Quelles sont les principales étapes de l'appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique dû aux activités humaines?

La première étape de l'appauvrissement de la couche d'ozone stratosphérique dû aux activités humaines est constituée par l'émission, à la surface de la Terre, de gaz contenant du chlore et du brome. La plupart de ces gaz s'accumulent dans la basse atmosphère parce qu'ils ne sont pas réactifs et ne se dissolvent pas aisément dans la pluie ou la neige. Les mouvements naturels des masses d'air transportent ces gaz accumulés dans la stratosphère où ils sont transformés en gaz plus réactifs. Certains de ces gaz participent alors à des réactions qui détruisent l'ozone. Finalement, lorsque l'air revient dans la basse atmosphère, ces gaz réactifs contenant du chlore et du brome sont éliminés de l'atmosphère terrestre par la pluie et la neige.

Q7 Quelles sont les émissions liées aux activités humaines qui entraînent un appauvrissement de la couche d'ozone?

Certains procédés industriels et produits de consommation provoquent des émissions de substances appauvrissant la couche d'ozone dans l'atmosphère. Ces substances sont des gaz sources halogènes fabriqués par l'homme et réglementés dans le monde entier par le Protocole de Montréal. Ces gaz transportent dans la stratosphère des atomes de chlore et de brome qui détruisent la couche d'ozone par réaction chimique. Il s'agit essentiellement des chlorofluorocarbones (CFC), autrefois présents dans presque tous les systèmes de réfrigération et de climatisation, et des halons qui étaient utilisés dans les extincteurs d'incendie. On connaît aujourd'hui précisément les quantités de substances qui appauvrissent la couche d'ozone présentes dans l'atmosphère grâce aux mesures réalisées à partir d'échantillons d'air.

Q8 Quels sont les gaz halogènes réactifs qui détruisent l'ozone stratosphérique?



Les émissions résultant d'activités humaines et de processus naturels représentent une source importante des gaz contenant du chlore et du brome qui pénètrent dans la stratosphère. Exposés au rayonnement ultraviolet du Soleil, ces gaz de source halogène sont convertis en gaz plus réactifs contenant du chlore et du brome. Certains gaz réactifs sont des espèces « réservoir » qui se convertissent sous des formes beaucoup plus réactives, à savoir le monoxyde de chlore (ClO) et le monoxyde de brome (BrO). Ces gaz extrêmement réactifs déclenchent des réactions en chaîne qui exercent un puissant effet destructeur sur l'ozone. Certains volcans émettent des gaz halogènes réactifs, mais ces derniers se dissolvent aisément dans l'eau et sont en général éliminés de l'atmosphère par les précipitations avant d'atteindre la stratosphère.

Q9 Quelles sont les réactions avec le chlore et le brome qui détruisent l'ozone stratosphérique?

Les gaz réactifs contenant du chlore et du brome détruisent l'ozone stratosphérique lors de cycles « catalytiques » comportant deux ou plusieurs réactions distinctes. Il s'ensuit qu'un seul atome de chlore ou de brome peut détruire plusieurs centaines de molécules d'ozone avant de quitter la stratosphère. Une faible quantité de chlore ou de brome réactif a ainsi un impact important sur la couche d'ozone. Une situation particulière se présente à la fin de l'hiver et au début du printemps dans les régions polaires où une forte augmentation des concentrations de monoxyde de chlore, qui est le gaz le plus réactif, provoque une importante diminution de l'ozone.

Q10 Pourquoi un « trou d'ozone » est-il apparu au-dessus de l'Antarctique alors que les gaz appauvrissant la couche d'ozone sont présents dans toute la stratosphère?

Les substances qui appauvrissent la couche d'ozone sont présentes dans toute la couche d'ozone stratosphérique parce qu'elles sont transportées sur de grandes distances par les mouvements de l'air atmosphérique. L'appauvrissement marqué de la couche d'ozone antarctique, connu sous le nom de « trou d'ozone », est dû aux conditions atmosphériques et chimiques particulières à cette région et que l'on ne rencontre nulle part ailleurs dans le monde. Les températures très basses de la stratosphère antarctique entraînent la formation de nuages stratosphériques polaires. Les réactions particulières qui se produisent dans ces nuages et l'isolement relatif de l'air stratosphérique polaire permettent au chlore et au brome de réagir pour produire le trou d'ozone lors du printemps antarctique.

L'appauvrissement de l'ozone stratosphérique

Q11 Quel est le degré de gravité de l'appauvrissement de la couche d'ozone antarctique?

L'appauvrissement marqué de la couche d'ozone antarctique a été observé pour la première fois au milieu des années 80. Il s'agit d'un phénomène saisonnier survenant principalement à la fin de l'hiver et au début du printemps (août-novembre). Il atteint son niveau maximal au début du mois d'octobre; on constate alors souvent une destruction complète de l'ozone à diverses altitudes et une diminution pouvant atteindre les deux-tiers de la colonne d'ozone totale en certains endroits. Cet appauvrissement très important est responsable du « trou d'ozone » que l'on observe sur les images de l'ozone antarctique prises depuis l'espace. La plupart des années, la superficie maximale du trou d'ozone est de loin supérieure à la taille du continent antarctique.

Q12 La couche d'ozone arctique s'appauvrit-elle?

Oui, un appauvrissement important de la couche d'ozone arctique est désormais observé pratiquement tous les ans à la fin de l'hiver et au début du printemps (janvier-mars). Toutefois, son appauvrissement maximal est moins marqué que dans l'Antarctique et varie davantage selon les années. On n'observe pas dans l'Arctique de « trou d'ozone » étendu et récurrent comme dans la stratosphère antarctique.

Q13 Quelle est l'ampleur de l'appauvrissement de la couche d'ozone à l'échelle mondiale?

L'appauvrissement de la couche d'ozone mondiale a commencé dans les années 80 et s'est progressivement aggravé pour atteindre son niveau maximal, une perte d'environ 5 %, au début des années 90. Depuis, l'appauvrissement a diminué et la perte d'ozone au niveau mondial est d'environ 3,5 %. L'appauvrissement moyen est supérieur aux variations de la couche d'ozone mondiale que l'on constate d'une année sur l'autre. La perte d'ozone est très faible à proximité de l'équateur et augmente avec la latitude en direction des pôles. L'appauvrissement plus marqué que l'on observe aux pôles résulte de la destruction d'ozone qui s'y produit chaque année à la fin de l'hiver et au début du printemps.

Q14 Les changements dans les éruptions solaires et volcaniques influent-ils sur la couche d'ozone?

Oui, des facteurs tels que les variations du rayonnement solaire ainsi que la formation de particules stratosphériques à la suite d'éruptions volcaniques ont une influence sur la couche d'ozone. Toutefois, aucun de ces deux facteurs ne saurait expliquer les réductions moyennes de l'ozone total observées dans le monde au cours des trois dernières décennies. Chaque éruption volcanique importante au cours des prochaines décennies aurait pour effet d'aggraver la destruction de la couche d'ozone pendant plusieurs années.

Le contrôle des gaz appauvrissant la couche d'ozone





Q15 La production de gaz appauvrissant la couche d’ozone est-elle réglementée?

Oui, la production et la consommation des substances appauvrissant la couche d’ozone sont réglementées au titre d’un accord international de 1987 intitulé « Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d’ozone, et de ses Amendements et ajustements ultérieurs. Le Protocole, ratifié à ce jour par les 197 Membres de l’Organisation des Nations Unies, institue des mesures de réglementation juridiquement contraignantes concernant la production et la consommation nationales des substances qui appauvrissent la couche d’ozone. La production et la consommation des principales substances appauvrissant la couche d’ozone par les pays développés et les pays en développement seront en grande partie éliminées avant le milieu du XXI^e siècle.

Q16 Le Protocole de Montréal est-il parvenu à réduire les quantités de gaz appauvrissant la couche d’ozone dans l’atmosphère?

Oui, grâce au Protocole de Montréal, le volume total de substances appauvrissant la couche d’ozone dans l’atmosphère est en diminution depuis une dizaine d’années. Si les pays continuent à appliquer les dispositions du Protocole de Montréal, cette diminution se poursuivra tout au long du XXI^e siècle. Les teneurs atmosphériques de certains gaz, comme halon 1301 et le HCFC-22, demeurent en hausse, mais elles commenceront à diminuer dans les décennies à venir si les engagements pris dans le cadre du Protocole continuent d’être honorés. Vers le milieu du siècle, l’abondance effective des substances appauvrissant la couche d’ozone devrait retomber aux niveaux que l’on observait avant la formation du « trou d’ozone » antarctique au début des années 80.

Les conséquences de l’appauvrissement de la couche d’ozone

Q17 L’appauvrissement de la couche d’ozone accroît-il le rayonnement ultraviolet au niveau du sol?

Oui, le rayonnement ultraviolet à la surface de la Terre s’accroît à mesure que les quantités d’ozone au-dessus de la Terre diminuent, empêchant l’ozone de jouer son rôle d’absorption du rayonnement ultraviolet solaire. Les mesures fournies par les instruments au sol et les estimations établies à partir de données satellitaires démontrent que le rayonnement ultraviolet à la surface de la Terre a augmenté sur de vastes zones géographiques comme suite à l’appauvrissement de la couche d’ozone.

Q18 L’appauvrissement de la couche d’ozone est-il la principale cause des changements climatiques?

Non, l’appauvrissement de la couche d’ozone en soi ne constitue pas la principale cause des changements climatiques. Toutefois, comme l’ozone absorbe le rayonnement solaire et que c’est un gaz à effet de serre, il existe des liens importants entre l’évolution de la couche d’ozone et les changements climatiques. L’amincissement de la couche d’ozone stratosphérique et l’augmentation de l’ozone troposphérique mondial survenus au cours des dernières décennies contribuent tous deux, en sens opposés, aux changements climatiques. L’appauvrissement de la couche d’ozone provoque un refroidissement à la surface de la Terre, mais sa contribution aux changements climatiques est faible par rapport à celle de l’ensemble des autres gaz à effet de serre qui entraînent un réchauffement de la surface de la planète. Le forçage total induit par ces autres gaz à effet de serre constitue la principale cause des changements climatiques observés et projetés. L’ozone et les changements climatiques sont indirectement liés dans la mesure où les substances qui appauvrissent la couche d’ozone et leurs produits de remplacement sont des gaz à effet de serre.

Q19 La réduction des émissions de substances qui appauvrissent la couche d’ozone au titre du Protocole de Montréal a-t-elle également permis de protéger le climat mondial?

Oui, car toutes les substances appauvrissant la couche d’ozone sont également des gaz à effet de serre qui contribuent au forçage du climat lorsqu’ils s’accumulent dans l’atmosphère. Les mesures de réglementation découlant du Protocole de Montréal ont entraîné une diminution substantielle des émissions dues aux substances qui appauvrissent la couche d’ozone au cours des deux dernières décennies. Outre son effet bénéfique sur la couche d’ozone, cette diminution a également permis de réduire les causes anthropiques des changements climatiques. Sans les mesures de réglementation appliquées au titre du Protocole de Montréal, le forçage climatique dû aux émissions annuelles de substances qui appauvrissent la couche d’ozone pourrait être dix fois supérieur qu’à l’heure actuelle, ce qui représenterait une part importante du forçage climatique résultant des émissions actuelles de dioxyde de carbone (CO₂).

L’avenir de l’ozone stratosphérique

Q20 Comment l’ozone devrait-il évoluer dans les décennies à venir?

La couche d’ozone devrait se reconstituer en grande partie vers le milieu du XXI^e siècle, sous réserve que le Protocole de Montréal soit respecté dans le monde entier. La reconstitution s’effectuera au fur et à mesure du déclin des concentrations atmosphériques de substances qui appauvrissent la couche d’ozone et de gaz halogènes au cours des prochaines décennies. Le volume total d’ozone dans l’avenir continuera de dépendre des quantités de substances appauvrissant la couche d’ozone, mais il sera également de plus en plus influencé par les changements climatiques prévus. Les modifications de l’ozone stratosphérique qui en résulteront varieront considérablement d’une région à l’autre. Au cours de la longue période de reconstitution, d’importantes éruptions volcaniques pourraient réduire temporairement les quantités totales d’ozone pendant plusieurs années.

