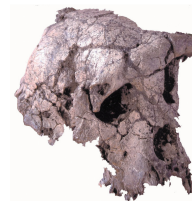


Toumaï Action



Toumaï - l'Ancêtre
des Humains

Lettre mensuelle au service de la recherche et du développement
éditée par le Centre National d'Appui à la Recherche (CNAR)

Président d'honneur : Pr Michel Brunet

Directeur de publication : Dr Baba El-hadj Mallah

Avec le soutien du Service de Coopération et d'Action Culturelle de l'Ambassade de France au Tchad

N° 016 - février 2008

Distribution gratuite

le climat et la couche d'ozone

-Seconde partie-

Fragilité de la couche d'ozone et observation de sa destruction

L'épaisseur totale de la couche d'ozone qui conditionne la pénétration de l'ultraviolet varie en fonction de la latitude et de la saison, mais sa valeur moyenne pendant les dernières 70 années où de nombreuses mesures sont disponibles, a été remarquablement stable et ceci jusqu'aux années 70-80. Dans les années 1970 la communauté scientifique s'est inquiétée de l'effet que pourrait avoir sur l'ozone les émissions d'oxydes d'azote et de chlore sur la stabilité de l'ozone. Ce sont ces travaux qui ont valu à Paul Crutzen, Sherwood Rowland et Mario Molina le Prix Nobel de Chimie en 1985.

Ces inquiétudes se sont particulièrement manifestées en relation avec le développement de l'avion supersonique Concorde qui devait créer des quantités importantes d'oxydes d'azote dans la stratosphère.

Mais en fait les composés les plus dangereux pour l'ozone se sont avérés être les composés organiques halogénés, dont les chlorofluorocarbures (CFC) qui sont des molécules synthétiques très stables chimiquement et donc sans danger direct pour les êtres vivants.

C'est d'ailleurs pour cette raison que celles-ci ont été développées et qu'elles ont été utilisées dans de nombreuses applications: réfrigérants (frigorifiques, climatiseurs), gaz propulseur dans les bombes aérosols, mousses synthétiques, solvants...et ont ainsi joué un rôle très bénéfique pour l'amélioration de notre mode de vie.

Du fait de leur très grande stabilité, ces gaz restent dans l'atmosphère pendant des décennies (50 à 100 ans), et ils sont progressivement transportés dans la stratosphère, où, soumis à l'influence du rayonnement ultraviolet solaire, ils sont dissociés et libèrent du chlore qui a alors la capacité de rentrer dans des cycles de réactions chimiques catalytiques conduisant à la destruction de l'ozone.

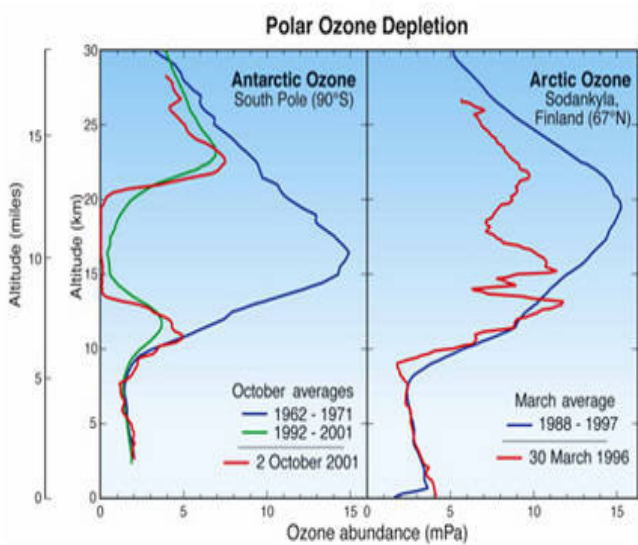
La destruction met en jeu deux réactions chimiques, l'une transforme l'oxyde de chlore ClO en atome de chlore Cl qui ultérieurement détruit l'ozone, mais en restituant l'oxyde ClO, ce qui permet au cycle de recommencer un grand nombre de fois. Le chlore joue ainsi un rôle de catalyseur et une très faible quantité de ClO peut détruire un grand nombre de molécules d'ozone, à condition d'être en présence d'oxygène atomique, ce qui est le cas grâce à la décomposition de l'ozone par l'ultraviolet solaire.

Au-delà des faibles diminutions de l'épaisseur de la couche d'ozone qui avaient été prévues et observées depuis la fin des années 1970 dans les régions de moyenne latitude, l'apparition du "trou d'ozone" au-dessus du continent antarctique en 1985 a été la première manifestation spectaculaire de l'effet des activités humaines sur les équilibres physicochimiques globaux de l'atmosphère.

Dans cette région, la quasi-totalité de l'ozone entre 15 et 20 Km se trouve détruite chaque année au printemps et l'épaisseur totale d'ozone est alors diminuée de moitié. Une diminution de l'ozone se produit également, mais avec une moindre amplitude, au printemps au-dessus de l'Arctique.

La différence de comportement entre les deux régions polaires provient d'une différence dans la circulation atmosphérique qui est plus régulière au-dessus du continent antarctique, et cette circulation maintient dans la stratosphère polaire antarctique une température très froide favorable à une forte destruction de l'ozone.

Figure 1 : Comparaison de profils d'ozone obtenus récemment par rapport aux profils moyens obtenus avant l'action des CFCs. On observe dans ces exemples que l'ozone est quasi-complètement détruit entre 14 et 20 km au dessus de l'Antarctique, alors que la destruction observée au dessus de l'Arctique n'est que partielle.



La stabilité des masses froides au dessus de l'Antarctique est responsable de cette asymétrie entre les deux hémisphères. Beaucoup ont été surpris que « trou d'ozone » apparaisse au-dessus d'un continent non pollué par les activités humaines, alors que les CFC et autres composés halogénés sont surtout émis dans l'hémisphère Nord.

Mais, après leur émission et lorsqu'ils atteignent la stratosphère, ils sont soumis à la circulation atmosphérique à grande échelle.

Après une ou deux années dans la troposphère, ils sont répartis à toutes les latitudes, même très loin des régions où ils sont émis, et notamment au-dessus de l'Antarctique, là où les températures plus froides sont plus favorables à la destruction de la couche d'ozone que dans toute autre région du globe.

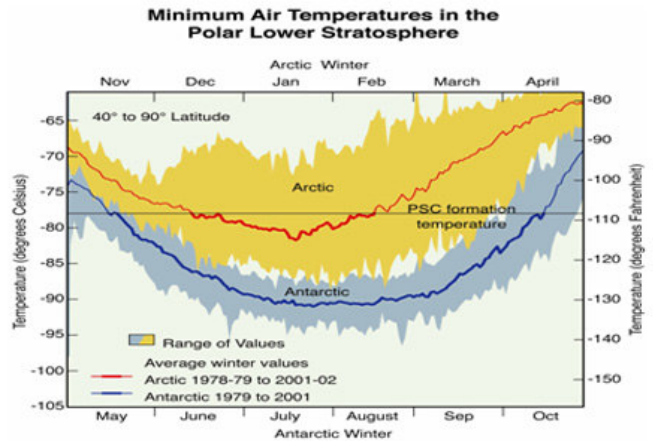


Figure 2 : variation de la température arctique et antarctique pendant l'hiver.

Le Protocole de Montréal et ses conséquences

Dès l'observation du « trou d'ozone » en 1985, des travaux expérimentaux et théoriques ont été entrepris pour en comprendre la cause. En 1987 l'explication scientifique était donnée et elle mettait en cause les composés chlorés, tout particulièrement les CFC. Très rapidement les mesures à prendre ont pu l'être et elles ont conduit à proscrire la production et l'usage des CFC, grâce à la mise en place du Protocole de Montréal dès 1987.

La plupart des pays producteurs et utilisateurs de CFC ont ratifié cet accord et les industriels ont rapidement mis sur le marché des produits de remplacement, ou substitués, beaucoup moins nocifs pour l'ozone. Au fil des ans, le Protocole de Montréal a dû être renforcé pour tenir compte des substitués disponibles et des possibilités des pays à les utiliser.

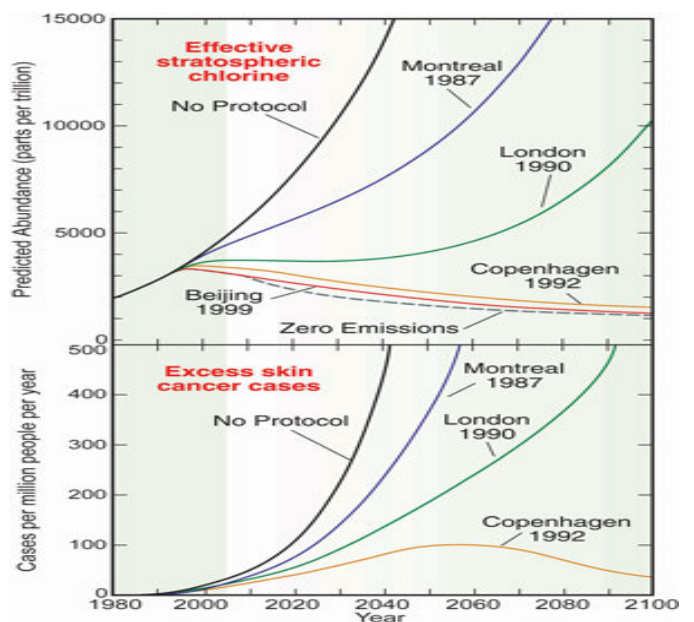


Figure 3 - "Effet du Protocole de Montréal et de ses amendements successifs sur l'abondance des particules chlorées (en haut) et sur l'excès de cas de cancers de la peau (en bas)."

Mais depuis 1987, les scientifiques ont découvert dans l'atmosphère d'autres substances aussi nocives que le chlore, si ce n'est plus. Il s'agit notamment des composés contenant du brome, comme le bromure de méthyle utilisé pour la culture des fruits. Le brome est en effet un agent 60 fois plus efficace que le chlore dans les processus de destruction catalytique de l'ozone. L'interdiction de l'utilisation du bromure de méthyle a suivi de peu cette prise de conscience et on commence à en voir les effets sur la quantité de brome présent dans la stratosphère.

Le résultat du Protocole de Montréal et de ses amendements successifs est maintenant tout à fait visible, comme on le voit dans la figure 4. Celle-ci représente l'évolution de la production et de la présence des substances destructrices d'ozone, de l'ozone total et du rayonnement ultraviolet depuis les années 70 jusqu'à 2100.

La date de 1980 est indiquée comme correspondant au début de la mise en évidence expérimentale de la destruction de l'ozone.

a) Production des substances destructrices d'ozone (ODS) avant et après la signature du Protocole de Montréal en 1987. En noir les CFCs, en gris les HCFCs substitués qui ont été utilisés après 1987 et qui sont moins nocifs pour l'ozone que les CFCs.
b) Abondance effective des composés du chlore et du brome présents dans la stratosphère. L'incertitude est liée au délai entre l'émission de ces substances à la surface du sol et leur présence dans la stratosphère.
c) Evolution de la colonne d'ozone total en dehors des régions polaires (60°N-60°S).

Les traits en noir représentent les mesures, les régions grises correspondant aux résultats des modèles. Les valeurs d'avant 1980 sont utilisées comme référence pour définir l'état non perturbé.

d) Evolution du rayonnement ultraviolet pour le soleil au zénith. En gris l'estimation à partir des modèles en réponse au changement de l'ozone. En hachuré, l'estimation prend en compte l'influence de modification dans la nébulosité et la présence d'aérosols sous l'effet du changement climatique.

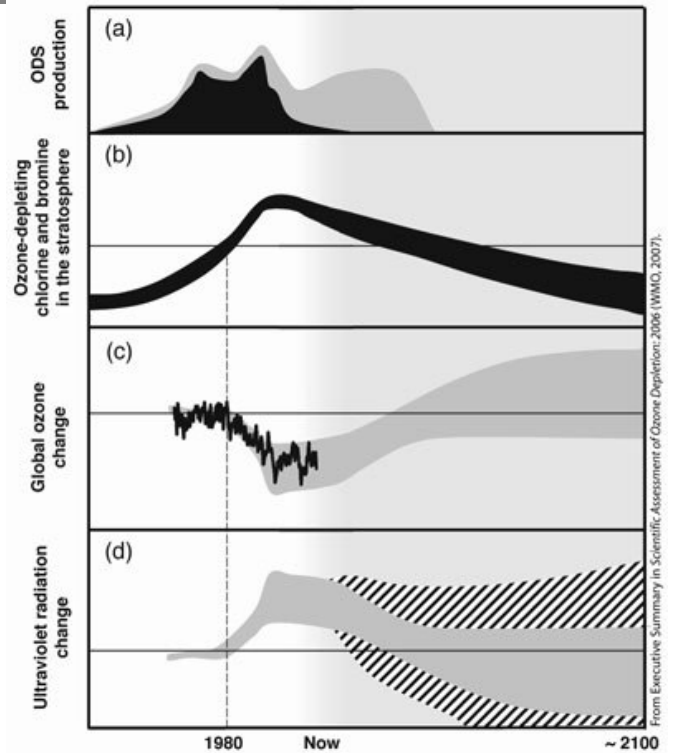


Figure 4: (extraite du résumé du dernier rapport WMO-UNEP sur l'état de l'ozone)

On remarque sur la figure précédente que malgré les mesures prises, le problème de l'ozone n'a cependant pas disparu et persistera jusqu'au milieu du siècle. **Cependant en 2006 on a constaté, pour la première fois depuis 30 ans, que l'ozone a cessé de diminuer à moyenne latitude.** S'il est prématuré de pouvoir affirmer que son retour à l'état précédent est amorcé, étant donné les fluctuations et les incertitudes dans les mesures, on a toute raison de croire que la période de récupération a commencé. La poursuite de ce retour à l'état initial implique pour tous les pays le respect du Protocole de Montréal et de ses amendements.

L'observation d'un trou d'ozone très accentué en Antarctique en Septembre 2006 ne doit pas être considéré comme un signe alarmant, car on s'attend à observer d'une année à l'autre ce type de fluctuations d'origine météorologique. De toute façon, malgré les mesures prises, on ne verra en aucun cas un retour rapide à la situation préindustrielle. En effet d'une part, les composés chlorés et bromés restent dans l'atmosphère pendant plusieurs décennies, et malheureusement il existe encore des stocks très importants de ces produits qui sont encore utilisés illégalement dans certaines parties du monde, y compris dans les vieux frigidaire dont il convient de ne pas relâcher le contenu dans l'atmosphère.

D'autre part, le changement climatique global subi par l'atmosphère, se traduisant notamment par le refroidissement de la stratosphère, pourrait avoir comme conséquence que l'on ne retourne jamais à l'état antérieur. Le trou d'ozone en Antarctique et les diminutions d'ozone au printemps arctique se manifesteront encore au-delà de la moitié du 21^{ème} siècle, avec une variabilité qui rend difficile une prédiction plus précise.

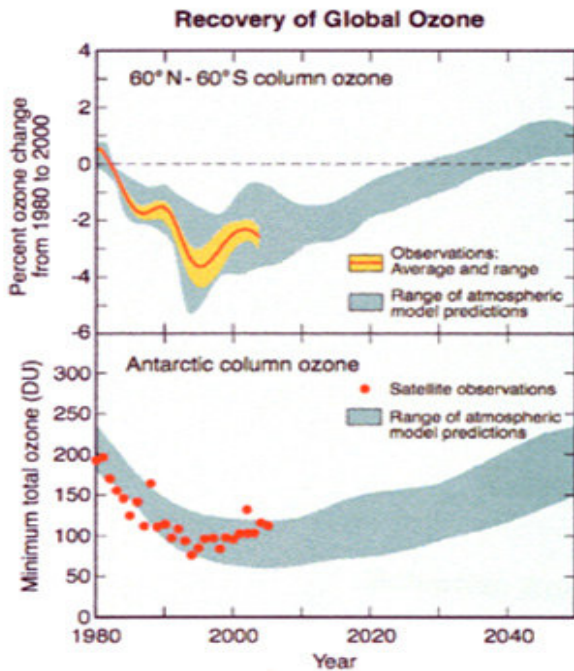


Figure 5 : Prédiction de récupération de la couche d'ozone : valeurs observées entre 1980 et 2005 et prévision d'après les modèles. Le panneau supérieur correspond aux latitudes moyennes, le panneau inférieur à l'Antarctique. On voit que les valeurs d'ozone précédant sa destruction par les CFCs ne se retrouveront que vers le milieu du siècle.

Etant donné que l'ozone atmosphérique absorbe l'ultraviolet solaire, toute diminution d'ozone (en dehors de toute autre modification de l'atmosphère) doit entraîner une augmentation de la pénétration du flux ultraviolet au niveau du sol dans une proportion à peu près équivalente. Les mesures confirment qu'il en est bien ainsi.

Ces mesures sont délicates car d'autres facteurs, comme la pollution ou la nébulosité, peuvent également perturber la transmission du flux ultraviolet. Les augmentations de l'ultraviolet les plus évidentes ont été observées au voisinage des pôles.

En effet lorsque la destruction d'ozone au-dessus du pôle Sud cesse avec la fin du printemps, les masses d'air au-dessus des régions voisines de l'Antarctique sont pauvres en ozone, et des régions comme le Sud de l'Argentine et du Chili et l'Australie sont alors soumises à des flux ultraviolet dangereux. Le même phénomène se produit mais plus faiblement sur l'Europe au printemps, et cette augmentation peut parfois être critique à haute altitude où il convient toujours de se protéger d'exposition trop longue au soleil. **Le changement d'ozone étant minimum aux latitudes tropicales, l'augmentation du flux UV y est minimum ou nulle. Ailleurs, par exemple en France, l'augmentation est de l'ordre de 5% .**

Le Service documentation du CNAR

Monsieur KOUKA JEAN-ROGER
Responsable du Service

Le Service documentation du CNAR a été créé en 1987 pour répondre aux besoins d'informations des utilisateurs dans leurs domaines de compétences.

Les enseignants-chercheurs, spécialistes, étudiants, développeurs, décideurs, planificateurs en sciences agronomiques, gestion des ressources naturelles, protection des végétaux, sécurité alimentaire, sciences environnementales, etc... trouveront des informations pertinentes et actualisées à partir des différentes sources : **Base de données nationales du CNAR (24 000 références), base de données internationales sur CDROM et des informations sur Internet.**

Ces sources seront prochainement mises en ligne à partir du site Internet du CNAR. Et dans un avenir proche, c'est un dispositif complet qui sera mis en place, avec un portail informationnel comprenant des rubriques thématiques: historique, nouvelles sur le Réseau de Documentation du Tchad, Bulletin de veille avec profils documentaires des utilisateurs, les dossiers documentaires, analyses synthèses documentaires, etc...

En outre, le CNAR en tant que dépôt légal de toute documentation scientifique et technique produite au Tchad vous prie de bien vouloir lui faire parvenir vos productions pour une large diffusion au public.