

Compte-rendu de conférences sur la pollution atmosphérique

par S. GELY

Professeur agrégé de Sciences Physiques
Secrétaire Général du Comité Régional APPA Auvergne
63100 Clermont-Ferrand

Il n'est pas de semaine que, dans les journaux, on ne parle de problèmes liés à la pollution de l'air et de l'eau.

C'est un cargo qui sillonne les mers, ne sachant où déposer les fûts toxiques qu'il transporte ; c'est une grande usine de produits pharmaceutiques qui, soudain, lâche par erreur dans un des plus grands fleuves d'Europe une telle quantité de produits nocifs que les poissons sont anéantis par milliers ; ce sont les riverains d'une décharge régionale contrôlée de déchets ménagers et urbains qui réclament l'arrêt du dépôt de ces ordures près de leurs terres, de leurs champs, de leurs sources, de leurs maisons ; ce sont les habitants d'une région choisie pour l'installation d'une nouvelle décharge qui protestent, s'unissent, fondent une association et font vaciller la décision des pouvoirs publics en obtenant l'annulation d'un arrêté préfectoral autorisant l'implantation de cette décharge ; c'est une boulangerie industrielle installée au cœur de la ville dont la cheminée pollue tellement l'atmosphère que les voisins se plaignent aux autorités municipales ; c'est l'incinérateur d'un hôpital qui lâche dans l'air des produits malodorants... et sans doute toxiques ; ce sont les pluies acides qui ravagent des forêts centenaires ; ce sont les déchets qui jonchent les plages d'Europe... C'est un phénomène de société.

Ce n'est pas un problème seulement communal ; il est devenu régional, national européen, et même international pour deux raisons différentes :

- l'une liée à la source : on parle de pollution atmosphérique «trans-frontière» de même la pollution marine nécessite des conventions internationales sur un code de conduite en haute mer et d'évacuation des déchets à bord des navires ;
- l'autre liée au traitement des déchets : tandis qu'on parle de faire

traverser l'océan à des résidus ménagers et industriels, de leur côté les élus et les scientifiques concernés se concertent et unissent leurs efforts pour dégager une solution valable pour tous car «l'environnement se gère désormais à l'échelle de la planète».

C'est ainsi que la conscience individuelle et collective s'est éveillée à ce problème. De nombreux organismes publics et privés sont nés, sur le plan national, de cette prise de conscience :

- le Ministère de l'Environnement, créé en 1971,
- l'Agence pour la Qualité de l'Air, établissement public de l'État, créé en 1980,
- le Centre Interprofessionnel Technique d'Études de la Pollution Atmosphérique (CITEPA), Association regroupant les industriels et ayant pour mission de «connaître, coordonner, promouvoir, réaliser et diffuser des études, essais et recherches scientifiques et techniques concernant la pollution atmosphérique» ; le CITEPA a été créé en 1961,
- l'Association pour la Prévention de la Pollution Atmosphérique (APPA) fondée en 1958, reconnue d'Utilité Publique en 1962, agréée par le Ministère de l'Environnement en 1978.

L'APPA a donc été un pionnier de l'Environnement ; dès sa fondation, il y a 30 ans, elle a créé dans les régions des réseaux de mesures, installant et gérant des appareils. Actuellement, dans la plupart des régions, les appareils appartenant à l'APPA ont été repris par les Laboratoires Municipaux et les réseaux de mesures ont été modernisés mais l'APPA continue à travailler sur le plan national et régional avec les autres partenaires qui se préoccupent d'Environnement :

- Délégation Régionale à l'Industrie et à la Recherche ;
- Délégation Régionale à l'Architecture et à l'Environnement ;
- Service d'Hygiène ;
- Observatoire météorologique ;

ainsi que les différentes Associations relatives à la Santé :

- Comité National et Comités Départementaux contre les Maladies respiratoires ;
- Comité Français d'Éducation pour la Santé ;
- Observatoire Régional de la Santé.

La lutte contre la pollution se fait désormais sur plusieurs plans :

- information, éducation du public,
- recherche scientifique et industrielle pour limiter ou même supprimer les pollutions,
- législation et réglementation par les pouvoirs publics ainsi que sanctions des contrevenants.

Pour illustrer l'importance et la complexité des problèmes de Pollution Atmosphérique, on peut envisager brièvement le cas de l'Ozone qui présente actuellement une résonance médiatique et internationale.

Cet article a pour but de résumer quelques notions simples et accessibles tirées de plusieurs conférences faites au cours de :

- la Journée d'Étude du CITERA, à Paris, le 3 novembre 1988 ;
- la Journée Scientifique de l'APPA, à Lyon, le 25 novembre 1988.

L'Ozone O_3 est un constituant naturel de l'Atmosphère mais il n'existe pas d'émetteur direct d'Ozone (sauf quelques cas particuliers de moteurs et machines électriques) ; il se forme par action de la lumière sur des composés existant naturellement en faible quantité dans l'atmosphère (CO , CH_4 , NO_X) - (on désigne par NO_X : $NO + NO_2$) ; c'est donc un composé « secondaire » mais il est très réactif.

La présence d'Ozone dans l'atmosphère est essentielle pour l'équilibre biogéochimique et climatique de la planète principalement parce qu'il absorbe dans la haute atmosphère une grande partie du flux solaire ultra-violet nocif pour la santé.

C'est vers 1970 que des inquiétudes nées de la possibilité de vols d'avions supersoniques dans la stratosphère ont fait prendre conscience des risques de destruction de cet Ozone protecteur. C'est alors qu'on s'est aperçu que la croissance rapide des activités humaines (agricoles et industrielles) pouvait présenter une menace pour l'équilibre de l'environnement si les émissions croissantes de dérivés chlorés et de dérivés nitrés intervenant dans le cycle photochimique de l'Ozone n'étaient pas contrôlés. Il est apparu nécessaire d'étudier l'équilibre naturel de la couche d'Ozone, de cerner et de mesurer les effets de l'activité anthropogénique. La communauté scientifique a mis en place un réseau mondial de surveillance :

En France :

1) par des observations à partir du sol et dans la basse atmosphère : mesures effectuées par M. le professeur Toupance et son équipe du Laboratoire de Physico-Chimie de l'Environnement, Université Paris XII, Créteil.

Dans le Bassin parisien et à Fos-Berre dans le cadre d'une campagne européenne de mesures

2) par des mesures en satellites.

L'étude de la couche d'Ozone nécessite une action pluridisciplinaire impliquant la physicochimie et la dynamique de l'atmosphère car on observe deux phénomènes opposés :

– augmentation de la concentration de l'Ozone dans la troposphère (altitude comprise aux pôles entre 0 et 8 km, à l'équateur entre 0 et 18 km), cette augmentation est due principalement à la croissance des émissions d'oxydes d'azote (NO_x), de monoxyde de carbone (CO) et d'hydrocarbures représentés schématiquement par HC (gaz d'échappement des voitures)

– diminution de la concentration d'Ozone dans la haute atmosphère (stratosphère) dues principalement à la présence de chlorofluorocarbones (CFC) dont la photodissociation produit du chlore actif destructeur d'Ozone. Ces chlorofluorocarbones CFC sont utilisés dans les réfrigérateurs et les bombes aérosols. Cette destruction d'Ozone est maximale vers 40 km d'altitude et dans la zone antarctique.

Les causes n'en sont pas encore expliquées d'une façon indiscutable : la campagne de mesures effectuées en 1986 près du pôle Sud a permis de vérifier que le contenu en chlore était assez élevé mais il était cependant insuffisant pour justifier par des processus photochimiques classiques la diminution d'Ozone ; par ailleurs les conditions météorologiques en Antarctique sont particulières (les cristaux de glace atmosphérique seraient-ils un catalyseur de la réaction de destruction ?).

Quoi qu'il en soit, l'effet des CFC - même si ceux-ci ne sont pas les seuls responsables de la destruction de l'Ozone - est d'autant plus nocif qu'il est à long terme et que la quantité de CFC déjà accumulée est importante. Aussi 24 Nations ont déjà ratifié la convention de Vienne (1985) puis celle de Montréal (1987) qui tendent à limiter l'émission de CFC, c'est-à-dire conserver le niveau actuel d'émission jusqu'en 1989 puis s'engager à réduire de moitié la production de CFC entre 1989 et 1999. Mais il faut trouver des produits de remplacement

des CFC ! La diminution d'Ozone dans la stratosphère laisserait passer les rayons UV nocifs sur la santé : cancer de la peau, affaiblissement du système immunitaire qui nous protège des infections virales et microbiennes.

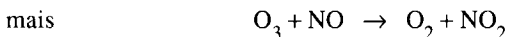
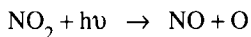
Dans la Troposphère, l'augmentation d'Ozone, signalée ci-dessus, est d'environ 1% par an et elle est aussi très nocive car l'Ozone est un oxydant puissant qui détruit les matériaux organiques et les cellules vivantes : effet pernicieux :

- pour l'homme sur les bronches et les poumons analogues à la fumée de tabac ; à court terme sensibilité aux infections, à long terme apparition de l'emphysème,
- pour les plantes, nécrose des végétaux, contributions aux pluies acides entraînant le dépérissement des forêts, baisse de la production agricole.

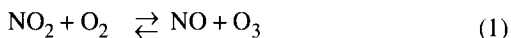
Cependant les mécanismes conduisant à l'augmentation d'ozone dans la troposphère sont mieux connus que ceux provoquant la diminution d'ozone dans la stratosphère ; ils sont cependant très complexes car les taux d'ozone varient :

- dans le temps (jour et nuit),
- avec les saisons,
- avec le lieu (plaine ou montagne),
- avec la météorologie et avec la direction des vents.

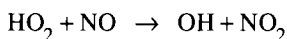
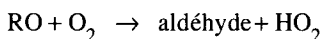
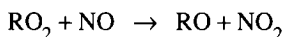
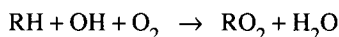
L'Ozone O_3 se forme par action d'un atome d'Oxygène O sur une molécule de dioxygène O_2 ; la seule source d'atomes d'oxygène O réactifs, dans la troposphère est la photolyse de NO_2 à $\lambda < 400\text{nm}$



en situation normale, NO, NO_2 et O_3 sont en équilibre photostationnaire et la concentration d'Ozone reste modérée car s'établit l'équilibre :



En milieu pollué (gaz d'échappement des voitures par exemple) des radicaux OH présents dans l'atmosphère attaquent les hydrocarbures HC pour donner naissance à des radicaux alcoyles R qui, par une suite de réactions rapides avec l'Oxygène de l'air conduisent à des radicaux peroxydes RO_2 et HO_2 , lesquels, à leur tour, oxydent NO en NO_2 avec régénération du radical OH :



cette dernière réaction, oxydation de NO par les peroxydes court-circuite ainsi l'oxydation de NO par O_3 , l'équilibre photostationnaire (1) est déplacé vers la droite et l'Ozone peut ainsi s'accumuler.

Le rôle des aldéhydes est aussi très important car leur photolyse (action de la lumière) est une source de radicaux (H, HO_2 puis OH) et une voie d'autocatalyse du processus de dégradation des hydrocarbures entraînant une production d'Ozone associée. (voir tableau)

Mais l'Ozone n'apparaît pas en général immédiatement sur le site d'émission des polluants primaires mais plutôt après un temps de réaction (10 minutes à une heure) et à quelques dizaines de kilomètres en aval de la source primaire à cause de l'entraînement des vents (vitesse : quelques mètres par seconde) ; ainsi on pourrait dire que l'Ozone est un composé «tertiaire»...

Il faut remarquer aussi que la production d'Ozone est favorisée par une forte irradiation solaire

des sources intenses de polluants précurseurs (surtout HC)

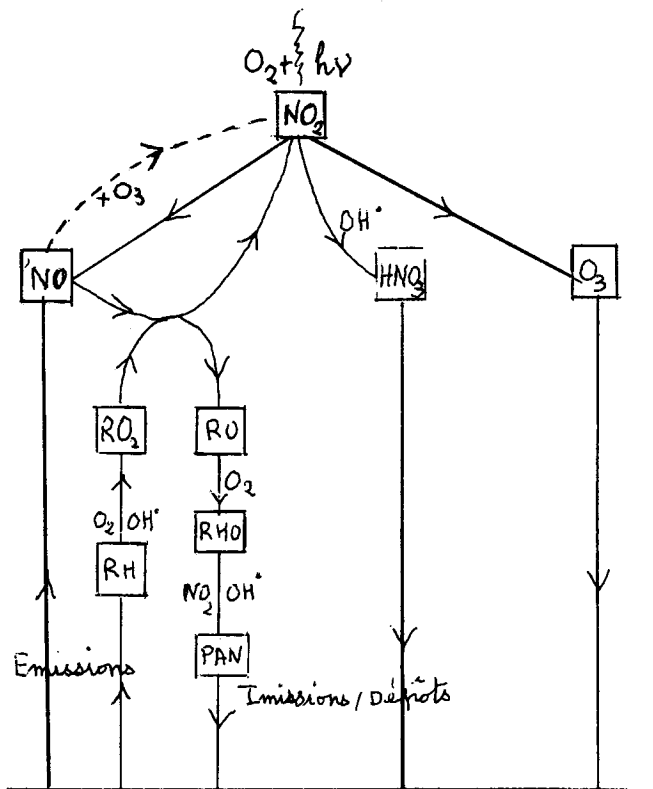
en période anticyclonique permettant l'accumulation des précurseurs et des produits sans possibilité de dispersion et de diffusion.

C'est ainsi que les taux d'Ozone dans la troposphère dépendent de nombreux facteurs et sont variables dans le temps et dans l'espace ; en général inférieurs à 40 ppb, ils peuvent cependant présenter des pics à

150 ou 200 ppb dans certaines régions industrielles comme Fos-Berre ou Rotterdam ; on peut noter cependant de façon certaine que le taux d'ozone augmente régulièrement en Hémisphère Nord dans la troposphère mais cette évolution n'est pas linéaire...

Le problème est donc très complexe et seule la recherche et la coopération internationales permettront de cerner les mécanismes et de diminuer la pollution oxydante. La communauté française apporte une contribution de haut niveau à cette cause par la mise au point de nouvelles techniques de mesure et de nouvelles méthodes de modélisation, en particulier au Laboratoire de Physicochimie de l'Environnement Université Paris XII Créteil.

Mais il appartient aussi à chacun de nous de vivre l'antipollution au quotidien afin de protéger l'environnement...



Formation des oxydants photochimiques et de l'ozone en particulier

PAN = peroxyacétylnitrate

● LES ECHANGES COMMERCIAUX.

Les Etats signataires s'interdisent dans un délai d'un an d'importer des substances réglementées en provenance de tout Etat non signataire, puis, dans un délai de 3 ans, d'exporter ces substances vers tout Etat non signataire.

Ces interdictions pourront ultérieurement viser les importations et exportations de produits manufacturés contenant, ou dont la fabrication aura utilisé, des substances réglementées.

Quel calcul et quel contrôle des niveaux de production ?

Chacune des substances réglementées a un potentiel de destruction d'ozone (PDO) particulier; il lui est donc attribué un coefficient de pondération.

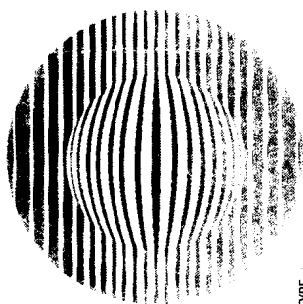
	GC11	GC12	GC13	GC14	GC15	HALON 1201	HALON 1301	HALON 2402
PDO	1	1	0,8	1	0,6	3	10	6

Les quantités annuelles produites, exportées ou importées de chaque CFC sont multipliées par le PDO correspondant. L'addition des produits obtenus conduit au total pondéré. Sur cette base seront opérées les réductions. Ces données seront communiquées au secrétariat du Programme des Nations-Unies pour l'Environnement dans un délai maximal de 9 mois après la fin de l'année prise en compte.

Ce protocole est-il figé ?

Les Etats s'engagent à collaborer en matière de recherche, développement, sensibilisation du public et dans les échanges de renseignements. Ils coopèrent à la promotion de l'assistance technique destinée à faciliter l'adhésion au protocole.

Les Etats tiendront des réunions à intervalles réguliers pour, à la lumière des résultats scientifiques, évaluer et réviser les mesures contenues dans le protocole.



LOGOTYPE
DE LA CONFERENCE
DE MONTREAL

Le protocole de Montréal. Un accord exemplaire pour la protection de l'environnement

L'événement du 16 septembre 1987

24 pays, dont la France, signent le protocole de Montréal additionnel à la convention de Vienne, relatif aux substances qui appauvrissent la couche d'ozone.

Ce protocole mondial définit les mesures que doivent prendre les signataires pour réduire les émissions d'origine humaine de chlorofluorocarbures (CFC) et halons. C'est le premier protocole mondial de ce type en matière de protection de l'environnement.

Identité des substances réglementées

Toutes sont des CFC totalement halogénés,

- 11 : CCl_3F , fluorotrichlorométhane
12 : CCl_2F_2 , dichlorodifluorométhane

- 113 : $\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_3$, trichlorotrifluoroéthane
114 : $\text{C}_2\text{Cl}_3\text{F}_4$, dichlorotétrafluoroéthane
115 : C_2ClF_5 , chloropentafluoroéthane ainsi que les halons
1211 : CBrClF_2 , bromochlorodifluorométhane
1301 : CBrF_3 , bromotrifluorométhane
2402 : $\text{C}_2\text{Br}_2\text{F}_4$, dibromotétrafluoroéthane, que ces substances se présentent isolément ou en mélange.

Mesures du protocole

LA CONSOMMATION.

- La consommation est définie comme la production augmentée des importations, déduction faite des exportations.

Les Etats signataires consommant plus de 0,3 kg/habitant/an de CFC, c'est-à-dire tous les pays industrialisés (à titre d'exemple, les Etats-Unis équivalent à 1,4 kg par habitant et par an, leur consommation de CFC; la CEE quant à elle, à 0,9 kg), s'engagent à réduire leur consommation de 50 % en 10 ans.

Trois étapes sont prévues :

- 1989 retour au niveau de 1986
- 1993 consommation au plus égale à 80 % du niveau 1986
- 1999 consommation au plus égale à 50 % du niveau 1986

L'engagement s'étend aux halons; il vise à en limiter la consommation au niveau de 1986 à partir de 1992.

Les communautés européennes étant considérées comme une unité de consommation, les réductions s'effectueront au niveau communautaire.

Les pays en voie de développement, même adhérents, sont dispensés de ces mesures pendant une période de 10 ans, sous réserve de ne pas dépasser une consommation de 0,3 kg/habitant/an.

LA PRODUCTION.

- Les Etats s'engagent à réduire leur production en parallèle avec leur consommation. Un dépassement de 10 à 15 % sera toléré pour subvenir notamment aux besoins des pays en développement.

La communauté européenne n'étant pas considérée comme une unité de production, les réductions s'effectueront au niveau de chaque Etat membre.