

Synthèse
des rapports sur les effets
scientifiques et environnementaux et
des rapports du Groupe de l'évaluation
technique et économique
du Protocole de Montréal

Évaluations faites sur une décennie
à l'intention des décideurs
pour la protection de la couche d'ozone:
1988-1999



Programme des Nations Unies pour
l'environnement

Secrétariat de l'ozone

Équipe de rédaction du rapport de synthèse

Daniel L. Albritton

National Oceanic and Atmospheric Administration, États-Unis

Stephen O. Andersen

Environmental Protection Agency, États-Unis

Piet J. Aucamp

Ptersa Environmental Consultants, Afrique du Sud

Suely Carvalho

Programme des Nations Unies pour le développement (PNUD)

Lambert Kuijpers

Université de technologie d'Eindhoven, Pays-Bas

Gérard Mégie

Service d'aéronomie du CNRS, France

Xiaoyan Tang

Université de Pékin, Chine

Manfred Tevini

Université de Karlsruhe, Allemagne

Jan C. van der Leun

Hôpital universitaire d'Utrecht, Pays-Bas

Robert T. Watson

Banque mondiale, États-Unis

Secrétariat: Nelson Sabogal

Programme des Nations Unies pour l'environnement (Secrétariat de l'ozone)

Table des matières

PRÉFACE	VII
1. DIX ANS DE RÉALISATION: LE PROTOCOLE DE MONTRÉAL ET LES GROUPES D'ÉVALUATION	1
A. Historique: Genèse du problème	1
B. Premiers signes de concentration.....	2
C. Les années de débat: Établissement de la crédibilité de la question de l'appauvrissement de la couche d'ozone	3
D. Convention de Vienne de 1985 et Protocole de Montréal de 1987.....	4
E. L'après-1987: Les premières dix années du Protocole et des Groupes d'évaluation.....	5
2. LA COUCHE D'OZONE ACTUELLE ET SA PROTECTION: L'ÉTAT DES CONNAISSANCES	13
A. Principales conclusions du rapport de l'évaluation scientifique de l'appauvrissement de la couche d'ozone: 1998	13
B. Principales conclusions du rapport de 1998 du Groupe de l'évaluation des effets sur l'environnement	15
C. Principales conclusions du rapport de 1998 du Groupe de l'évaluation technique et économique	17
3. LA FUTURE COUCHE D'OZONE	25
A. Le monde que nous avons évité.....	25
B. Le monde de l'avenir: L'état des connaissances	27
C. Le monde de l'avenir: Les choix de changement.....	29
D. Épilogue.....	32

Préface

Buts. Le présent rapport de synthèse a un double but: d'une part, faire la synthèse des principaux résultats et conclusions auxquels sont arrivés les trois groupes d'évaluation du Protocole de Montréal en 1998, et d'autre part, replacer ces informations dans le contexte de la dernière décennie au cours de laquelle des évaluations ont été effectuées à l'intention des Parties au Protocole.

Origines. La genèse des trois Groupes d'évaluation est expliquée dans le texte du Protocole de Montréal visé dans la Convention de Vienne pour la protection de la couche d'ozone. L'article 6 du Protocole de Montréal, intitulé "Évaluation et examen des mesures de réglementation", définit comme suit le processus de l'évaluation:

"À compter de 1990, et au moins tous les quatre ans par la suite, les Parties évaluent l'efficacité des mesures de réglementation énoncées à l'article 2 en se fondant sur les données scientifiques, environnementales, techniques et économiques dont elles disposent. Un an au moins avant chaque évaluation, les Parties réunissent les groupes nécessaires d'experts qualifiés dans les domaines mentionnés, dont elles déterminent la composition et le mandat. Dans un délai d'un an à compter de la date de leur réunion, lesdits groupes communiquent leur conclusions aux Parties, par l'intermédiaire du Secrétariat."

Groupes d'évaluation. La décision ci-dessus a séparé le processus d'évaluation du processus politique (c'est-à-dire, de la prise de décisions) et a défini le premier comme étant la procédure par laquelle les informations seront communiquées aux Parties et par celles-ci. À leur première réunion, tenue à Helsinki en mai 1989, les Parties ont décidé d'approuver la création, conformément à l'article 6, des quatre groupes d'évaluation suivants:

Groupe de l'évaluation scientifique;

Groupe de l'évaluation environnementale;

Groupe de l'évaluation technique;

Groupe de l'évaluation économique.

Après 1990, les deux derniers groupes ont fusionné pour constituer le Groupe de l'évaluation technique et économique.

Méthodes. Les trois groupes d'évaluation existants s'acquittent comme suit de leurs tâches d'évaluation périodique de l'état d'évolution de leurs domaines respectifs:

- *Groupe de l'évaluation scientifique.* Se fondant sur les intrants fournis par un groupe directeur international spécial de chercheurs, les quatre coprésidents du groupe décident du champ d'application, de la teneur et des auteurs du rapport d'évaluation à préparer. Les

coprésidents et l'équipe de rédacteurs principaux en fonction se réunissent pour planifier plus en détail et pour coordonner le contenu des chapitres et l'élaboration des premières versions. Les auteurs se servent des informations contribuées par un groupe important de chercheurs à l'échelle mondiale. Les projets de texte sont soumis à un examen par correspondance par des pairs, dans le cadre duquel chaque chapitre est revu par plusieurs experts, suivi d'un examen de groupe pendant une semaine et, une fois les conclusions des chapitres approuvées, le sommaire analytique est finalisé.

- *Groupe de l'évaluation des effets sur l'environnement.* Le Groupe de l'évaluation des effets sur l'environnement comprend 25 membres. Il s'agit de scientifiques experts en photobiologie et photochimie, travaillant surtout dans les universités et les instituts de recherche. Les membres du groupe rédigent les différents chapitres, parfois avec le concours d'autres experts sur certains sujets particuliers. Les rédacteurs se relisent mutuellement les textes et le groupe assume la responsabilité globale de l'ensemble de l'ouvrage. Le projet d'évaluation est envoyé à tous les réviseurs scientifiques extérieurs du monde entier. Entre deux évaluations d'envergure, le groupe se réunit au moins une fois par an et fait rapport aux Parties des principaux événements.
- *Groupe de l'évaluation technique et économique.* Après 1990, le Groupe disposait de cinq comités de choix techniques: Aérosols, stérilisants et utilisations diverses; Mousses rigides et mousses souples; Halons; Réfrigération, climatisation et pompes thermiques; et Solvants, revêtements et adhésifs. Le Comité de l'économie a été ajouté en 1991, suivi en 1993 du Comité des choix techniques sur le bromure de méthyle. Les rapports périodiques d'évaluation sont préparés par des Comités permanents composés d'experts de l'industrie, des gouvernements et des milieux universitaires et sont, pour la plus grande partie, revus par l'ensemble des communautés d'experts techniques. Le Groupe de l'évaluation technique et économique publie des rapports contenant des sommaires analytiques de rapports techniques et qui sont revus dans le cadre d'une procédure interne. Par ailleurs, le Groupe constitué de 23 membres venant de 17 pays est devenu, pour un grand nombre de questions techniques et économiques, un groupe consultatif permanent que les Parties consultent sur un nombre croissant de questions diverses. En conséquence, le Groupe publie chaque année des rapports généraux d'actualisation, ainsi que de nombreux rapports sur des sujets particuliers.

L'Appendice A contient une liste des 60 rapports d'évaluation que les trois Groupes ont rédigés à l'intention des Parties au cours de la dernière décennie (1988-1999). L'Appendice B donne la liste de l'équipe mondiale d'experts qui ont participé à l'élaboration de ces évaluations de l'état des technologies les plus récentes. Leurs connaissances spécialisées constituent la base sur laquelle reposent les informations destinées aux Parties.

Les rapports de 1998. Les informations compilées dans le présent rapport de synthèse sont tirées des rapports complets ci-après soumis récemment par les trois Groupes d'évaluation:

"Évaluation scientifique de l'appauvrissement de la couche d'ozone: 1998" (~750 p)

"Effets de l'appauvrissement de la couche d'ozone sur l'environnement: Évaluation de 1998 " (~200 p)

"Rapport de 1998 du Groupe de l'évaluation technique et économique " (~300 p)

L'appendice C reproduit la Table des matières et le sommaire analytique de chacun de ces trois rapports de 1998.

Guide de consultation du rapport de synthèse: Le présent rapport de synthèse se compose des éléments suivants:

- *Section I:* explique le contexte historique; illustre de quelle façon les rapports d'évaluation ont servi dans le passé et ont été intégrés dans les décisions des Parties.
- *Section II:* récapitule les principales conclusions des rapports de 1998 des trois Groupes d'évaluation.
- *Section III:* axée sur l'avenir, cette section fait l'analyse des exemples de choix possibles en vue de l'examen des politiques relatives aux mesures supplémentaires éventuelles pour la protection de la couche d'ozone. Plus précisément, cette section décrit les effets prévus des différents choix sur l'atmosphère, ainsi que leur faisabilité technique et économique. La section indique également de quelle façon les modifications atmosphériques non liées aux composés à base de chlore et de brome pourraient influencer sur la restauration de la couche d'ozone.
- *Appendices:* Outre les détails mentionnés plus haut, les appendices contiennent deux séries de réponses aux questions fréquentes sur l'évolution de la couche d'ozone et les conséquences. Tirées directement des évaluations de 1998 du Groupe de l'évaluation scientifique et du Groupe de l'évaluation des effets sur l'environnement, ces questions sont celles qui sont posées le plus souvent par le public au sujet de la couche d'ozone. Les réponses, fondées sur les informations contenues dans les évaluations, sont rédigées dans un langage non technique à l'intention du grand public.

Le passé annonce l'avenir: Dans la dernière section du présent rapport, les Groupes font une description "du monde que nous avons évité", c'est-à-dire une prédiction sur ce qui aurait pu arriver si il n'y avait pas eu de Protocole de Montréal. La nature du monde en question souligne l'ampleur des efforts investis par tant de personnes à l'échelle mondiale pour prendre, de dure lutte, les décisions et les mesures difficiles nécessaires à la résolution du problème de l'appauvrissement de la couche d'ozone. Les Groupes d'évaluation sont heureux d'avoir pu contribuer, depuis les dix dernières années, les informations requises à l'appui du processus historique du Protocole de Montréal et s'engagent à poursuivre un tel objectif.

Dix ans de réalisation: Le Protocole de Montréal et les Groupes d'évaluation

A. Historique: Genèse du problème

La couche d'ozone dans la stratosphère de la Terre est un phénomène atmosphérique naturel de la planète. Elle a été constituée durant les premières phases de l'évolution de l'atmosphère. Dès les années 1880 et jusqu'aux premières décennies du 20^e siècle, les scientifiques ont découvert la présence de la couche d'ozone, ont commencé à en étudier les caractéristiques et ont tenté d'en expliquer l'existence. Durant les années 1930, les chercheurs ont pu déterminer le mécanisme chimique de la conservation de la couche d'ozone. Il s'agit essentiellement d'un équilibre entre, d'une part, la production d'ozone par l'action du soleil sur l'oxygène et, d'autre part, la destruction de l'ozone par réaction chimique avec des espèces chimiques normalement présentes dans l'atmosphère (par exemple, l'hydrogène et l'azote). Le fait que cette perte de l'ozone est due à des réactions catalytiques signifie que des quantités relativement faibles de ces substances chimiques suffiraient à éliminer d'importantes quantités d'ozone sans être elles-mêmes consommées dans le processus. Il a été également admis dès le début que les mouvements de l'air répartissent l'ozone à l'échelle du globe pour donner la distribution observée. (D'ailleurs, la surveillance mondiale de la couche d'ozone, entreprise dès les années 1950, visait en partie à étudier la circulation atmosphérique à grande échelle en utilisant l'ozone comme traceur.)

À mesure que s'approfondissaient les connaissances sur la couche d'ozone, l'importance de son rôle pour la vie sur Terre était de mieux en mieux reconnue. L'on s'était rendu compte très tôt (vers les années 1880) que la couche d'ozone absorbait la plupart des rayons ultraviolets à faible longueur d'onde du soleil, les UV-B. Par ailleurs, les études biologiques ont permis de cataloguer les effets bénéfiques et les effets néfastes du rayonnement UV-B sur les diverses formes de vie. S'il a été constaté que le rayonnement UV-B favorisait la formation de vitamines D dans la peau humaine (1937) et détruisait les bactéries (1929), il s'avérait qu'il avait également des effets néfastes sur les humains, provoquant les coups de soleil (1922) et le cancer de la peau (1928), sans parler des graves dommages causés aux plantes (1965).

En 1928, l'industrie chimique a mis au point un composé ininflammable et non toxique – le chlorofluorocarbure (CFC) – pour remplacer les composés à risque (tels que le chlorure de méthyle et le bioxyde de soufre) utilisés à l'époque dans les réfrigérateurs ménagers. Durant les années 1950, l'usage des CFC s'est répandu. Dans les années 1970, le CFC était fort recherché pour son efficacité et son faible coût dans les applications suivantes: frigorigènes,

climatisation, agents de gonflage de mousse, solvants et applications médicales, pour lesquels les produits de remplacement reconnus étaient encore fort rares. De même, les halons (composés contenant du brome) ont été créés et activement commercialisés pour la protection contre le feu, en raison de leur efficacité et leur faible coût. En outre, plus de la moitié de la production de CFC était destinée à des applications de moindre valeur, comme par exemple les produits aérosols d'hygiène et de beauté, les pesticides, les crécelles, les poudres et les jouets. Bien qu'elles fussent disponibles, les produits de remplacement n'étaient pas utilisés pour diverses raisons, dont l'absence de motivation économique et les facteurs de sécurité.

Au début des années 1970, une nouvelle technique d'analyse sensible, permettant de détecter des traces minimales de produits chimiques chlorés, a été appliquée à divers emplacements dans le monde. Les résultats ont montré qu'en raison de sa production, son utilisation et ses émissions à l'échelle industrielle, le CFC était omniprésent dans l'atmosphère de la Terre.

Compte tenu de ce qui précède, le décor était planté pour le drame de la couche d'ozone, dont les différents actes allaient se dérouler au cours du dernier quart de siècle. C'est ainsi que, vers le début des années 1970, l'on savait que les cycles chimiques naturels – ceux de l'hydrogène et de l'azote – étaient un facteur dans la conservation de la teneur d'ozone dans l'air ambiant. L'on connaissait également le rôle important que joue la couche d'ozone pour le bien-être des humains en agissant comme bouclier contre le rayonnement UV-B du soleil. Et il était connu que nous produisions et utilisions des quantités croissantes de nouveaux composés chimiques qui se retrouvaient dans la basse atmosphère. Par contre, ce que l'on ignorait *encore*, c'était que, d'une part, nous provoquions un troisième cycle chimique – celui du chlore, qui était auparavant un élément négligeable dans la couche d'ozone, et d'autre part, que nos actes pouvaient avoir pour conséquence d'importantes réductions de la couche d'ozone et un accroissement du rayonnement UV-B. Mais le lien qui devait réunir tous ces éléments ne s'était pas encore matérialisé.

B. Premiers signes de concentration

Avec la possibilité d'une utilisation générale d'avions supersoniques dans la stratosphère, les réactions chimiques catalytiques dans l'atmosphère, objet d'étude purement scientifique, sont devenues le facteur clé des problèmes environnementaux. C'est ainsi qu'au début des années 1970, les chercheurs dans les domaines atmosphérique, environnemental et technique ont commencé à se pencher sur l'impact potentiel d'une flotte mondiale éventuelle d'aéronefs supersoniques. Ces études ont mis en relief le fait que les composés azotés réactifs se trouvant dans les gaz d'échappement des moteurs pourraient renforcer la chimie catalytique stratosphérique de l'azote. Ces émissions favoriseront la destruction de l'ozone par l'action de l'azote et contribueront ainsi à déséquilibrer le processus de formation et de destruction de l'ozone, avec pour résultat l'amincissement de la couche d'ozone.

Comme on l'a noté plus haut, les conséquences de l'appauvrissement de la couche d'ozone avaient été reconnues. La probabilité de leur incidence et leur impact sur l'espèce humaine et d'autres organismes ont orienté l'attention du public sur les débats relatifs au transport supersonique et ont fait un enjeu de la protection de la couche d'ozone.

Vers le milieu des années 1970, deux découvertes ont contribué à tourner les feux des projecteurs sur la question de l’ozone. Il a d’abord été supposé la possibilité que la *chimie du chlore* soit également un facteur de la destruction catalytique de l’ozone dans la stratosphère. Il a ensuite été supposé que la désintégration des CFC dans la stratosphère par le rayonnement solaire renforcerait considérablement la chimie catalytique du chlore, que l’usage croissant des CFC entraînerait l’appauvrissement de la couche d’ozone et que les effets néfastes du rayonnement UV-B en seraient la conséquence. Par ailleurs, puisqu’il a été démontré que les CFC dans l’atmosphère avait une longue durée de vie (des dizaines à des centaines d’années), la destruction de l’ozone allait se poursuivre encore bien longtemps après toute réduction des émissions de CFC.

Vingt ans plus tard, le Prix Nobel de la chimie de 1995 allait être décerné à trois scientifiques qui ont reconnu l’importance de la chimie atmosphérique de la formation et de la destruction de l’ozone et, en particulier, l’importance des rôles de la chimie de l’azote et des CFC.

C. Les années de débat: Établissement de la crédibilité de la question de l’appauvrissement de la couche d’ozone

Au cours de décennie suivante, allant de la moitié des années 1970 à la moitié des années 1980, de nombreuses activités de recherche approfondie furent entreprises en laboratoire, sur le terrain et à partir de modèles de prévision dans divers domaines: atmosphère, biologie, santé et caractérisation technologique, pertinents à la question de l’appauvrissement de la couche d’ozone. Les résultats accumulés et la mosaïque de connaissances émergeant de plusieurs évaluations commençaient à produire une caractérisation substantielle de la relation entre la couche d’ozone et l’humanité. D’importants jalons ont été posés le long de la route menant des hypothèses aux prévisions.

La présence de CFC a été observée dans la stratosphère, dans les quantités prévues. Les espèces clés de chlore dans la réaction en chaîne de l’appauvrissement de la couche d’ozone ont également été observée directement. Il a été constaté que le brome était beaucoup plus efficace que le chlore dans la destruction de l’ozone. La surveillance à l’échelle mondiale des CFC et des halons a montré des augmentations annuelles constantes (plusieurs pour cent par année) de leur abondance dans l’atmosphère. Il a été déterminé que l’accroissement de l’appauvrissement de la couche d’ozone provoque proportionnellement une augmentation plus marquée des effets (par exemple, le cancer de la peau) liés au rayonnement UV-B accru. La série de composés destructeurs d’ozone a été identifiée, ainsi que leur production, et l’on a commencé à calculer et à faire l’inventaire de leur taux d’émission, comme par exemple les fuites de CFC des climatiseurs d’automobile. La possibilité d’utiliser les hydrochlorofluorocarbures (HCFC) en remplacement des CFC a été déterminée, et les caractéristiques des propriétés pertinentes à la réfrigération de certaines des hydrofluorocarbures (HFC) ont été définies.

Le débat sur les politiques publiques a débuté. Les résultats de dix années de recherche pointue ont été analysés et fait l’objet de comptes rendus. Ainsi, en 1985, alors que l’on ne pouvait encore distinguer de façon probante entre la destruction actuelle de l’ozone par les

CFC et l'évolution naturelle de la couche d'ozone, il a été prévu que si les émissions de CFC allaient continuer de croître à l'avenir, i) les pertes d'ozone au cours des prochaines décennies seront substantielles, ii) la restauration de la couche d'ozone prendra inévitablement des dizaines, sinon des centaines d'années, et iii) le rayonnement UV-B accru qui en résulte pendant de longues périodes aura un impact considérable sur les humains, les animaux et les plantes, qui se répercutera pendant de nombreuses décennies à venir. D'autre part, en 1985, l'on découvrit un phénomène étrange: la couche d'ozone au-dessus du toit du monde, à savoir l'Antarctique, se comportait de façon inattendue. Par ailleurs, il a été signalé i) que les CFC et les halons étaient des facteurs importants pour le développement économique de l'époque, le bien-être des consommateurs et la santé publique; et ii) qu'il n'existait pas encore de solutions de remplacement et que le coût de l'évaluation de la toxicité et de l'acceptabilité environnementale générale des produits de remplacement possibles pouvait être considérable.

Les débats à ce sujet se déroulaient à l'échelle nationale aussi bien qu'internationale. Outre les données disponibles vers le milieu des années 1980 sur la couche d'ozone et ses effets, ainsi que les informations techniques et économiques ci-dessus, les décideurs devaient également assimiler et prendre en considération les séries de données gouvernementales, juridiques, démographiques, sociales, éthiques et politiques. En 1985 et 1987, des décisions officielles furent prises.

D. Convention de Vienne de 1985 et Protocole de Montréal de 1987

Mars 1985 - Convention de Vienne pour la protection de la couche d'ozone. Fondée sur l'état des connaissances de l'époque sur la multitude de facteurs mentionnée précédemment, la Convention représentait i) la conviction que la destruction de la couche d'ozone était un véritable enjeu, ii) l'engagement mondial à résoudre le problème, et iii) le processus convenu pour le résoudre.

Septembre 1987 - Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone. Les décisions sont devenues précises. Une étape fondamentale a été franchie: la communauté internationale a pris une mesure commune pour donner suite à un problème mondial dont la plupart des effets prévus ne se concrétiseraient que dans le futur. Fortes des informations dont elles disposaient alors, les différentes nations ont élaboré un protocole comprenant des dispositions sur les CFC et les halons à longue durée de vie, l'arrêt de la consommation à une date future, et par la suite une réduction de 50% de la production et de la consommation de CFC et de halons.

Les Groupes d'évaluation. Outre ces mesures particulières d'identification et de réduction des émissions, le Protocole reconnaissait également que la recherche était un processus continu, que les connaissances allaient sans cesse s'améliorer et que des rapports de situation à jour constituaient une contribution importante pour tout programme d'évaluation et de révision de politiques générales. L'article 6 en particulier établissait un mécanisme permettant aux Parties d'obtenir des renseignements actualisés des Groupes d'évaluation. Les groupes ont commencé en 1988 à soumettre des rapports (Appendice A) qui constituent une mise à jour

des connaissances sur les questions liées à la couche d'ozone fournies par des experts mondiaux dans les domaines de l'ozone, de son impact et d'autres questions technologiques et économiques connexes. Ce sont ces experts, travaillant dans de nombreuses institutions dans le monde (Appendice B), qui ont fourni la base de connaissances sur lesquelles les Parties se sont fondées pendant plus d'une décennie.

E. L'après-1987: Les premières dix années du Protocole et des Groupes d'évaluation

Une succession de rapports de Groupes d'évaluation ont décrit l'état des connaissances scientifiques et des réponses techniques. À la demande des Parties, ces rapports leur ont été soumis avant qu'elles n'aient à prendre des décisions majeures. La section ci-après récapitule les principales conclusions des rapports des Groupes d'évaluation, ainsi que les principales décisions prises par les Parties depuis 1987 jusqu'à nos jours. L'appendice A donne la liste des rapports par année.

Comment assurer le suivi des progrès du Protocole de Montréal? La question est pertinente, puisque l'obligation de rendre des comptes est considéré par beaucoup comme un élément nécessaire dans toute entreprise humaine. De nombreux indicateurs permettraient sans doute de mesurer les progrès réalisés. Citons notamment l'abondance dans l'atmosphère de substances appauvrissant la couche d'ozone comme un indicateur pouvant être quantifié et résidant dans la première séquence de cause à effet. La Figure 1 illustre i) les abondances observées dans le passé du chlore atmosphérique équivalent (incluant le brome, dûment pondéré) et ii) les abondances futures qui résulteraient de chacune des mesures importantes du Protocole de Montréal. L'ampleur de la destruction de l'ozone due aux activités humaines est reliée à l'abondance effective du chlore. Puisqu'une grande partie des effets de l'appauvrissement de la couche d'ozone sur l'environnement (tels que le nombre élevé de cancers de la peau chez l'homme) résultent d'une exposition à long terme, ces effets correspondent à la région située en dessous des courbes plus la région est grande, plus grave est l'effet, et vice versa. À cause de ces associations, le sommaire ci-après est lié à la figure et ses messages.

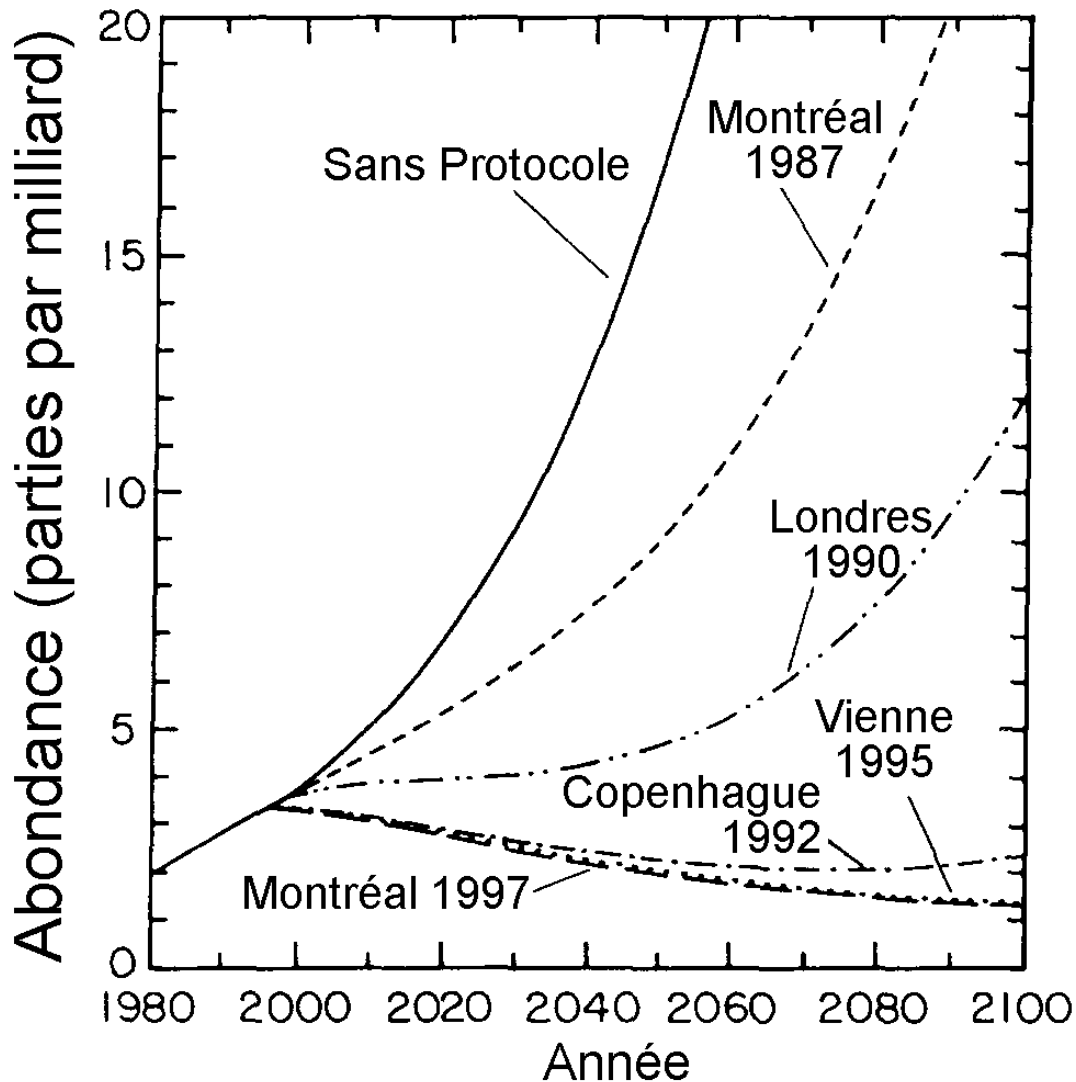


Figure 1. Effet des accords internationaux sur le chlore et le brome stratosphérique qui appauvrissent la couche d'ozone.

La Figure 1 illustre également la raison des intervalles utilisés dans la section qui suit. Les mesures prises après le «gel» de 1987 en vue d'entreprendre une «élimination graduelle» (Londres, 1990) ont eu pour effet de réduire radicalement les taux de croissance effective prévus du chlore durant la période 2000 - 2040 (tout en permettant un retour éventuel à des taux de croissance plus élevés). L'avancement des dates d'élimination et l'addition de nouvelles substances réglementées (Copenhague, 1992) signifiaient pour la première fois qu'une consommation maximale de chlore serait prévisible (tout en permettant un retour beaucoup plus tard à une évolution positive). L'établissement de plafonds de production et de consommation de toutes les substances réglementées appauvrissant la couche d'ozone pour tous les pays (Vienne, 1995) signifiait (à supposer une application intégrale) qu'il n'y aurait pas de retour à un taux de croissance positif. La présentation des informations figurant dans les rapports des Groupes d'évaluation et les décisions de politique connexes sont classées en fonction de ces «jalons» de consommation de chlore.

1. Du Protocole de Montréal (1987) à l'Amendement de Londres: (1990)

Science de l'ozone:

- Le trou dans la couche d'ozone antarctique est le résultat des composés à base de chlore et de brome d'origine humaine, dont l'impact est renforcé par les nuages stratosphériques polaires.
- Une tendance générale à la baisse dans la quantité d'ozone est détectée durant les mois d'hiver dans les moyennes et les hautes latitudes de l'hémisphère Nord.
- Les propriétés «favorables à la couche d'ozone» (par exemple, le potentiel d'appauvrissement de l'ozone de la première série de produits de remplacement du CFC les hydrochlorofluorocarbures (HCFC) sont caractérisés.
- Le Groupe d'experts scientifiques du Protocole de Montréal et le Groupe intergouvernemental sur les changements climatiques nouvellement constitué entament une interaction permanente sur l'évaluation des connaissances sur les phénomènes atmosphériques intéressant les deux groupes; ainsi, le potentiel de réchauffement de la planète des gaz liés à l'ozone fait l'objet d'évaluation conjointe.

Effets sur l'environnement:

- D'après les études, le rayonnement UV-B, notamment à courtes longueurs d'onde, provoque une multitude d'effets, dont la plupart sont néfastes: dommages causés aux yeux (cataractes et ophtalmie des neiges) et suppression du système immunitaire; aux plantes (la moitié des plantes soumises à une rayonnement accru ont une croissance ralentie et des feuilles plus petites); aux organismes aquatiques (surtout les organismes les plus petits, tels que le phytoplancton); et aux matériaux (l'exposition aux rayons UV-B est la principale cause de la dégradation du plastique à l'extérieur).

Technologie et économie:

- Lancement, par des consortiums industriels, de recherche sur l'acceptabilité écologique et la toxicité des produits de remplacement des CFC et des halons, ainsi que sur les méthodes liées à l'élimination de ces substances dans les procédés industriels.
- Introduction d'initiatives importantes de récupération et de recyclage.
- Début des travaux de développement sur des mélanges chimiques de remplacement sans CFC.
- Démonstration de la faisabilité de propulseurs non halogénés.
- Recensement de produits de remplacement de nature différente pour le CFC-113 pour le nettoyage d'articles électroniques.

- Démonstration de la possibilité pratique d'éliminer l'usage des halons dans la formation à l'usage de matériel d'extinction et dans la vérification de ces appareils.

Politique – Amendement de Londres:

- Addition d'autres CFC totalement halogénés, du tétrachlorure de carbone et du méthylchloroforme.
- Planification d'élimination de ces substances à des dates ultérieures.
- Inclusion des HCFC comme substances de transition et demande de comptes rendus leur sujet.
- Mise sur pied d'un mécanisme de financement intérimaire pour donner suite à l'approbation des surcoûts de l'élimination de la production et de la consommation de substances appauvrissant la couche d'ozone dans les pays en développement.

2. De l'Amendement de Londres (1990) à l'Amendement de Copenhague (1992)

Science de l'ozone:

- À l'extérieur des tropiques, la tendance d'appauvrissement de la couche d'ozone a été détectée dans la basse stratosphère et quantifiée dans les latitudes moyennes et élevées dans les deux hémisphères, en hiver, au printemps et en été, à l'échelle mondiale.
- Agrandissement de la couche d'ozone dans l'Antarctique.
- Observation de destruction importante, quoique variable, de l'ozone dans l'Arctique.
- Identification du bromure de méthyle comme agent important d'appauvrissement de la couche d'ozone.
- Observation d'une intensification du rayonnement UV-B, accompagnée d'une destruction considérable de l'ozone au-dessus de l'Antarctique.
- Évaluation préliminaire des effets de l'aviation, des navettes et des fusées sur la couche d'ozone.
- Constatation que la destruction de l'ozone dans la basse stratosphère entraîne le refroidissement du système climatique dans la troposphère.

Effets sur l'environnement:

- Une baisse constante de 10% de l'ozone est prévue, accompagnée d'une augmentation de 26% de cas de cancer de la peau sans mélanome.

- Il a été démontré que le rayonnement UV-B provoque l'immunosuppression chez les humains, y compris les personnes à peau fortement pigmentée.
- Les recherches sur les réactions des plantes au rayonnement UV-B confirment la pertinence des préoccupations que soulèvent les écosystèmes dirigés et naturels.
- Il a été démontré que les écosystèmes aquatiques sont déjà stressés par le rayonnement UV-B et tout stress supplémentaire risque, craint-on, d'avoir des effets néfastes.
- La réactivité chimique dans la troposphère ne manquera sans doute pas d'augmenter à la suite de l'intensification du rayonnement in UV-B.

Technologie et économie:

- Diverses solutions de remplacement sont recensées pour tous les secteurs, permettant l'élimination virtuelle des CFC d'ici 1995-1997.
- De nombreuses entreprises multinationales ont éliminé les produits chimiques appauvrissant la couche d'ozone à un rythme plus accéléré que ne l'exige le Protocole.
- Les analyses combinant l'examen de l'appauvrissement de la couche d'ozone et celui du réchauffement de la planète par des facteurs directs (produits chimiques) et indirects (production d'énergie) sont préconisées.
- Introduction sur le marché des premiers réfrigérateurs à base de HFC-134a.
- La disponibilité de produits de remplacement des HCFC destinés à être utilisés avec différents types de mousses est la cause de la chute de l'utilisation du CFC-11 à cette fin.
- Introduction sur le marché des premiers climatiseurs d'automobile à base de HFC-134a.

Politique – Amendements de Copenhague:

- Avancement des échéances d'élimination.
- Inclusion du bromure de méthyle (avec des dérogations), et détermination d'une date future pour un gel dans les pays développés.
- Inclusion des HCFC comme substances réglementées, avec établissement d'une série de plafonds et de réductions, en vue d'une élimination à une date future lointaine (c'est-à-dire confirmation de ces composés comme "substances de transition"). Les hydrobromofluorocarbures (HBFC) sont inclus aux fins d'élimination immédiate par les pays développés et les pays en développement.
- Le Fonds multilatéral devient un mécanisme de financement permanent.

- Établissement de mécanismes (dont le Groupe de l'évaluation technique et économique) afin de recenser les "utilisations essentielles" des substances réglementées.

3. De l'Amendement de Copenhague (1992) à l'Amendement/aux Ajustements de Vienne/Montréal (1995/97)

Science de l'ozone:

- Détection d'un ralentissement du taux de croissance des gaz appauvrissant la couche d'ozone dans la basse atmosphère.
- Confirmation de la hausse des taux de croissance des produits de remplacement des CFC.
- Poursuite du déclin de l'ozone à l'échelle mondiale.
- L'accélération temporaire de la destruction de l'ozone due aux halons qui a suivi l'éruption volcanique du Mt. Pinatubo en 1991 est imputée au rôle des particules.
- Poursuite continue de la destruction de l'ozone dans l'Antarctique.
- Observation d'intensification du rayonnement UV-B non polaire (ciel clair) sur l'ozone à basse altitude dans les régions non polaires.
- Quantification des effets néfastes de la production illégale de CFC sur la couche d'ozone.

Effets sur l'environnement:

- Caractérisation du rayonnement UV-B dans l'Antarctique, entraînant des dommages à l'ADN, durant la période d'appauvrissement de la couche d'ozone.
- L'intensification du rayonnement UV-B entraînera probablement un accroissement substantiel de l'incidence et de la morbidité des maladies oculaires, des cancers de la peau et des maladies infectieuses, certains risques étant désormais quantifiés (dans le cas, par exemple, du cancer de la peau).
- Ayant mesuré l'accroissement et la pénétration du rayonnement UV-B dans les eaux de l'Antarctique, les chercheurs ont présenté des conclusions probantes sur l'impact direct de l'appauvrissement de la couche d'ozone sur le phytoplancton.
- Dans le cas des écosystèmes terrestres, un accroissement du rayonnement UV-B peut modifier la production/décomposition des matières végétales, entraînant des changements connexes dans les traces de gaz de l'atmosphère.

Technologie et économie:

- De nombreux mélanges à base de HFC sont identifiés et mis à l'essai comme produits de remplacement du HCFC-22 dans le secteur de la réfrigération.
- Introduction sur le marché de réfrigérateurs à base d'hydrocarbures.
- Des systèmes de réfrigération commerciaux sont mis au point afin de permettre l'emploi de produits de remplacement tels que l'ammoniac et les hydrocarbures.
- Mise au point et commercialisation de mousses à base de cyclopentane et de mélange d'hydrocarbures.
- L'identification des dérogations à l'usage de halons aux fins d'utilisations essentielles permet d'envisager des dates d'élimination plus avancées.
- Détermination d'augmentations considérables dans la production et la consommation de halons dans les pays visés au paragraphe 1 de l'article 5.
- Identification des solutions de rechange à l'usage du bromure de méthyle, sauf pour les applications de quarantaine et de traitement avant l'expédition.
- Mise sur le marché d'inhalateurs à doseur à base de HFC-134a.

Politique – Ajustements aux instruments de Vienne/Montréal:

- La réduction/l'élimination du bromure de méthyle dans les pays développés est accélérée et un calendrier d'élimination dans les pays en développement est établi.
- Pour les CFC, les halons, le méthylchloroforme et le tétrachlorure de carbone, les dates d'élimination des pays en développement sont établies pour prendre effet 10 ans après les échéances des pays développés adoptées en 1990.
- Établissement de plafonds moins élevés et d'utilisations restreintes de HCFC par les pays développés, ainsi que d'un gel pour les pays en développement et d'une date d'élimination dans un avenir éloigné.
- Établissement d'un système de licences pour la réglementation des échanges du bromure de méthyle. *(En conséquence, à compter de 1997, des échéances d'élimination et / ou des plafonds sont établis pour toutes les substances appauvrissant la couche d'ozone indiquées et pour toutes les Parties.)*

La couche d'ozone actuelle et sa protection: L'état des connaissances

À la demande des Parties, les Groupes d'évaluation a fourni une nouvelle mise à jour de l'état des connaissances sur la couche d'ozone, sur ses incidences ainsi que sur les questions technologiques et économiques connexes. La table des matières et le texte intégral des sommaires analytiques des rapports d'évaluation de 1998 des trois Groupes d'évaluation figurent à l'appendice C. La section qui suit contient un bref résumé de ces rapports sur l'état des connaissances (par Groupe d'évaluation).

A. Principales conclusions du rapport de l'évaluation scientifique de l'appauvrissement de la couche d'ozone: 1998

La mise à jour des connaissances scientifiques sur la couche d'ozone a reçu la participation de 304 chercheurs de 35 pays dans le monde. Le rapport d'évaluation a été planifié et rédigé sur une période de deux ans, incluant des révisions par correspondance et par des pairs. Les principaux résultats sont résumés ci-après:

1. Gaz appauvrissant la couche d'ozone

- *L'abondance totale combinée des composés appauvrissant la couche d'ozone dans la basse atmosphère a atteint un maximum en 1994 et n'a cessé de baisser depuis.* La quantité totale de chlore diminue, mais celle du brome continue de croître. Ces tendances étaient prévues dans l'évaluation de 1994. La diminution du chlore est due largement à celle du méthylchloroforme. Le chlore provenant des CFC continue de baisser lentement. L'abondance de la plupart des halons quant à elle continue d'augmenter (pour le halon-1211 par exemple, la croissance annuelle approche 6%). Les abondances observées des CFC et des chlorocarbures dans la basse atmosphère correspondent aux émissions signalées.
- *Croissance de l'abondance constatée des produits de remplacement des CFC.* En 1996, les HCFC ont contribué pour près de 5% au chlore troposphérique provenant des gaz à longue durée de vie. La croissance des HCFC, en termes d'abondance effective totale combinée, n'est pas compensée par le déclin des autres gaz chlorés. Les quantités de HCFC-22 et HFC-134a dans l'atmosphère correspondent aux prévisions des comptes rendus d'émission; par contre, les quantités observées de HCFC-141b et de HCFC-142b dépassent les prévisions.

- *L'abondance combinée du chlore et du brome atteindra probablement son apogée avant l'an 2000. Cet intervalle correspond à la durée nécessaire pour que les émissions en surface atteignent la basse atmosphère. Si la croissance des principaux composés de chlore observés dans la troposphère semble ralentir, il convient de noter que leur abondance maximale n'a pas encore été atteinte au moment de la présente évaluation.*
- *L'effet nocif du bromure de méthyle sur la couche d'ozone a été établi comme étant inférieur aux prévisions figurant dans l'évaluation de 1994, bien qu'il reste encore beaucoup d'inconnus. La meilleure estimation du potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone (ODP) du bromure de méthyle est actuellement de 0,4, par rapport au niveau estimatif de 0,6 déterminé en 1994. La différence s'explique essentiellement par une augmentation des taux estimatifs d'élimination océanique et terrestre. Les connaissances actuelles sur les sources et les points d'accumulation du bromure de méthyle sont toutefois loin d'être complètes.*

2. Ozone: les tendances

- *Les pertes totales de colonnes d'ozone observées de 1979 à la période 1994-1997 sont d'environ 5%, 3% et 5% respectivement pour les latitudes moyennes septentrionales en hiver/printemps, les latitudes moyennes septentrionales en été/automne et les latitudes moyennes australes pour toutes les saisons. Mais comme le taux d'appauvrissement de l'ozone stratosphérique dans les latitudes moyennes a baissé, les prévisions de perte d'ozone formulées dans l'évaluation de 1994 sont supérieures aux mesures actuelles. Depuis 1991, alors que l'environnement s'était remis des pertes supplémentaires causées par l'éruption volcanique du Mt Pinatubo, la baisse linéaire observée précédemment s'est interrompue, et est restée pratiquement constante.*
- *Le trou d'ozone antarctique printanier continue de s'étendre. L'ampleur générale de la diminution de l'ozone n'a guère changé depuis le début des années 1990. Ceci n'a rien de surprenant compte tenu de la destruction presque totale de l'ozone dans la basse stratosphère antarctique au printemps. Les principaux facteurs contribuant à la poursuite de l'important appauvrissement printanier de la couche d'ozone au-dessus de l'Antarctique sont bien connus.*
- *Dans l'Arctique, les valeurs de l'ozone à la fin de l'hiver et au printemps étaient généralement faibles durant 6 des 9 dernières années, les 6 années en question étant caractérisées par des hivers stratosphériques anormalement froids et prolongés. L'évaluation de 1989 prévoyait la possibilité de telles diminutions (Appendice A). Les températures arctiques minimales sont proches du seuil d'activation chimique massive de chlore et, en conséquence, la variabilité annuelle résultant essentiellement des facteurs météorologiques est la cause de l'énorme variabilité dans la diminution de l'ozone correspondant aux quantités de chlore actuelles. Bien qu'il ne soit pas possible de prévoir la nature d'un hiver arctique pour une année particulière, les abondances élevées de chlore et de brome au cours de la prochaine décennie signifient que l'Arctique continuera d'être vulnérable à des pertes d'ozone importantes.*

3. Conséquences

- *La compréhension de la relation entre l'intensification du rayonnement UV-B et la diminution de la colonne d'ozone a été renforcée par des observations effectuées dans plusieurs régions du monde.* L'influence de variables autres que l'ozone, tels que les nuages, les particules et la réflectivité en surface, est beaucoup mieux comprise. D'après les données satellitaires, les augmentations les plus importantes du rayonnement UV-B surviennent au printemps, dans les hautes latitudes, dans les deux hémisphères.
- *La diminution de l'ozone stratosphérique a causé le refroidissement de la basse stratosphère à l'échelle mondiale ainsi qu'un forçage radiatif moyen négatif du système climatique mondial.* Des simulations sur modèles montrent que la plupart des tendances de chutes de température observées dans la basse stratosphère (environ 0,6°C par décennie, entre 1979 et 1994) sont attribuées à l'appauvrissement de la couche d'ozone dans la région. D'après les mesures du rayonnement, faites à partir d'extrapolations fondées sur l'évolution de l'ozone indiquée dans l'évaluation de 1994, les pertes d'ozone stratosphérique depuis 1980 ont compensé pour environ 30% le forçage positif découlant de l'accroissement des gaz à effet de serre durant la même période. On n'a pas encore évalué les incidences climatiques du ralentissement de l'ozone dans les moyennes latitudes et de l'intensification de la diminution de l'ozone dans l'Arctique.

B. Principales conclusions du rapport de 1998 du Groupe de l'évaluation des effets sur l'environnement

La mise à jour des connaissances scientifiques concernant les effets sur l'environnement de l'appauvrissement de la couche d'ozone est fondée sur les contributions de 102 chercheurs de 31 pays dans le monde. Le rapport d'évaluation a été élaboré sur une période d'un an, incluant le processus de révision par 70 experts externes, essentiellement par correspondance. Les principales conclusions sont résumées ci-après:

1. Évolution du rayonnement ultraviolet

- *Les prévisions à long terme des niveaux de rayonnement UV-B futurs sont difficiles et imprécises.* Néanmoins, les meilleures prévisions en vigueur semblent indiquer un relèvement graduel de l'ozone aux niveaux antérieurs au cours des cinquante prochaines années. Il faudra probablement attendre de nombreuses années après la reconstitution d'une couche d'ozone minimale pour pouvoir détecter la phase de restauration pour le rayonnement UV-B en surface, en raison de la variation d'autres facteurs, tels que les nuages, qui ont un effet sur ce rayonnement sans être directement liés à l'ozone.

2. Effets sur la santé des humains et des animaux

- *L'intensification du rayonnement UV-B liée à l'appauvrissement de la couche d'ozone entraînera sans doute une augmentation de la fréquence et/ou l'intensité d'une série d'effets à court terme et à long terme sur la santé, à moins d'un changement de comportement dans les pratiques d'exposition actuelles.* Les effets néfastes sur les yeux toucheront toutes les populations, indépendamment de la

couleur de leur peau. Les incidences sur le système immunitaire affecteront également toutes les populations, mais elles peuvent être néfastes aussi bien que bénéfiques. Les effets néfastes comprennent une résistance amoindrie à certaines tumeurs et maladies infectieuses. Les effets sur la peau peuvent inclure une augmentation du nombre de cas de photovieillessement et de cancer de la peau, les risques augmentant avec la pâleur de la peau. De même, l'accroissement du rayonnement UV-B entraînera probablement le taux de photovieillessement.

3. Effets sur les écosystèmes terrestres

- *L'intensification du rayonnement UV-B peut être néfaste pour les organismes terrestres, incluant les plantes et les microbes, mais ces organismes disposent de leurs propres processus de protection et de réparation. L'équilibre entre les dommages et la protection varie d'une espèce à l'autre, voire entre les variétés d'une même espèce de culture. Au cours des quelques dernières années, les recherches ont montré que l'accroissement du rayonnement UV-B se traduit plus fréquemment par une modification des activités génétiques que par des dégâts.*

4. Effets sur les écosystèmes aquatiques

- *Les études récentes continuent de démontrer que les rayons solaires UV-B et UV-A ont des effets néfastes sur la croissance, la photosynthèse, la régulation protéique et pigmentaire, et la reproduction du phytoplancton, qui se répercutent sur l'ensemble de la chaîne alimentaire. Les macroalgues et les herbes aquatiques présentent une sensibilité prononcée au rayonnement UV-B.*
- *Les rayons UV-B sont absorbés par le carbone organique dissout ou particulaire, dont ils provoquent la décomposition. Un tel processus facilite la désintégration bactérienne et la reminéralisation des éléments.*
- *Les écosystèmes marins polaires se trouvent dans la région où l'on enregistre le plus fort accroissement du rayonnement UV-B lié à l'évolution de la couche d'ozone. Ce seront donc ces écosystèmes océaniques qui subiront le plus les effets de l'appauvrissement de la couche d'ozone.*
- *Les conséquences potentielles des niveaux élevés d'exposition des écosystèmes aquatiques au rayonnement UV-B comprennent une réduction de la capacité d'absorption du gaz carbonique dans l'atmosphère. Il peut en résulter une augmentation potentielle du réchauffement du globe.*

5. Effets sur les cycles biogéochimiques

- *Les études récentes sur une vaste variété d'espèces et d'écosystèmes ont permis de confirmer l'impact de l'accroissement du rayonnement UV-B sur les émissions de dioxyde de carbone et d'oxyde de carbone, ainsi que sur le recyclage minéral dans la biosphère terrestre. Les effets à long terme du rayonnement UV-B sur la capture et le stockage du carbone dans les écosystèmes naturels font actuellement l'objet d'examen.*

6. Effets sur la qualité de l'air

- *L'intensification du rayonnement UV-B accélérera l'activité chimique dans la basse atmosphère.* Les modèles scientifiques semblent indiquer qu'un rayonnement UV-B accru détruit l'ozone troposphérique dans les environnements non pollués et l'augmente dans les régions polluées. Tout autre facteur étant égal par ailleurs, un rayonnement UV-B accru accélérera la vitesse à laquelle certains polluants primaires sont éliminés de la troposphère.

7. Effets sur les matières

- *L'accroissement du rayonnement UV-B a des effets néfastes sur les propriétés physiques et mécaniques des polymères.* Les photostabilisateurs classiques pourront probablement atténuer les effets d'un rayonnement UV-B accru.

C. Principales conclusions du rapport de 1998 du Groupe de l'évaluation technique et économique

L'actualisation des choix techniques et économiques est le fruit du travail de 230 experts techniques de 46 pays répartis en sept Comités des choix techniques et un Comité de l'évaluation technique et économique. Les rapports des Comités des choix techniques ont été préparés sur une période de deux ans et ont été révisés par des pairs. Le rapport du Groupe de l'évaluation a été préparé pendant l'année 1998. Il comprend les sommaires analytiques des rapports de tous les Comités des choix techniques.

1. **Aérosols, stérilisants, utilisations diverses et tétrachlorure de carbone**

Voici les faits saillants du rapport de 1998 du Comité des choix techniques sur les aérosols:

- *Aérosols.* Le Comité des choix techniques sur les aérosols estime que la consommation de CFC dans le secteur des aérosols a été inférieure à 15 000 tonnes en 1997 dans les pays visés à l'article 5(1) et dans certains pays à économie en transition, excluant les inhalateurs à doseur. Pour les produits d'aérosols autres que les inhalateurs à doseur, il n'existe aucun obstacle technique à la transition mondiale aux solutions de remplacement.
- *Inhalateurs à doseur.* Quelque 500 millions d'inhalateurs à doseur sont utilisés chaque année à l'échelle mondiale pour le traitement de l'asthme et de broncho-pneumopathies chroniques obstructives, ce qui représente une consommation annuelle de 10 000 tonnes de CFC. De nombreux pays développés disposeront sans doute d'une vaste gamme de produits reformulés et d'ici l'an 2000, la transition aura probablement beaucoup progressé. L'on prévoit que d'ici 2005, les besoins de CFC pour la fabrication d'inhalateurs à doseur dans les pays non visés à l'article 5(1) seront minimes.

- *Stérilisants.* Vers le début de 1997, les pays non visés à l'article 5(1) avaient pratiquement éliminé l'utilisation de CFC-12 aux fins de stérilisation (dans un mélange gazeux stérilisant à base d'oxyde d'éthylène). La consommation mondiale de CFC-12 dans ce secteur est évaluée à moins de 1 500 tonnes. L'utilisation de HCFC comme solution de remplacement est évaluée à moins de 3 000 tonnes (soit quelque 90 tonnes ODP).
- *Utilisations diverses, dans les laboratoires et aux fins d'analyse.* Les CFC sont utilisés à différentes fins, et surtout pour le gonflage du tabac. Après 1998, la Chine pourrait fort bien être le seul pays au monde à consommer encore des quantités importantes de CFC à cette fin, encore qu'une diminution de la consommation dans ce pays est probable. D'après les évaluations, la consommation mondiale de substances réglementées dans les laboratoires et aux fins d'analyse ne dépasse pas 1 500 tonnes (faisant actuellement l'objet de dérogation pour utilisations essentielles).
- *Tétrachlorure de carbone.* Les émissions de tétrachlorure de carbone dans l'atmosphère ont été évaluées à 41 000 tonnes en 1996 dont 26 000 tonnes provenant de la fabrication de tétrachlorure de carbone dans les pays visés à l'article 5(1) et les pays à économie en transition. Les émissions de chlorure de carbone peuvent être réduites pour des raisons économiques et techniques lors de l'utilisation comme matière première et comme agent de traitement, malgré que dans certains cas, il n'existe pas de produit de remplacement du tétrachlorure de carbone.

2. Mousses rigides et mousses souples

Voici les faits saillants du rapport de 1998 du Comité des choix techniques sur les mousses:

- *L'utilisation de substances appauvrissant la couche d'ozone dans la fabrication de mousses rigides a diminué de près de 75 % depuis qu'elle a atteint son niveau le plus élevé en 1989.* L'utilisation des CFC a cessé dans les pays non visés à l'article 5(1). La consommation de HCFC (pondérée en fonction du ODP) représente moins de 20 % dans le secteur des mousses rigides. L'utilisation de HCFC est de faible à nulle dans les secteurs autres que la mousse rigide.
- *Les solutions de remplacement sans ODP s'avèrent souvent la solution de choix dans plusieurs utilisations telles que l'emballage, le coussinage (souple) et certaines applications thermiques rigides.* La transition n'a pas permis de retenir de solution unique de sorte qu'il faut choisir une solution qui convienne à la situation, et qui tienne compte du fabricant et des circonstances spéciales qui prévalent au pays.
- *La création de produits de remplacement à base de HFC pour le HCFC-141b se poursuit pour le polyuréthane d'isolation thermique, le polyisocyanurate et les mousses phénoliques.* On estime que le HFC-245a et le HFC-365mfc devraient être en vente sur le marché au début de 2002. Aucun problème de toxicité n'a été signalé. Le développement de cette solution est toutefois ralenti en raison des incertitudes entourant les coûts, la disponibilité et la gestion environnementale à long terme des gaz à effet de serre.

- *Les technologies à base de pentane pour les mousses de polyuréthane rigide continuent à évoluer. Les caractéristiques techniques ont été améliorées grâce à l'utilisation de composés, ce qui a aussi amélioré la compétitivité des coûts des produits gonflés aux hydrocarbures.*
- *Il existe encore des obstacles à la transition aux substances qui n'appauvrissent pas la couche d'ozone. Les consommateurs de CFC et de HCFC hésitent à mettre au point leur stratégie de transition jusqu'à ce que la disponibilité et la pertinence des HFC comme solution de remplacement à long terme des CFC puisse être confirmées. Le CFC-11 demeure facilement accessible dans les pays visés à l'article 5(1) et coûte beaucoup moins cher que les solutions de recharge actuelles. Le fait qu'il y ait très peu de produits de remplacement qui soient fabriqués dans ces pays nuit aussi à l'élimination rapide des produits d'origine.*

3. Halons

Voici les faits saillants du rapport de 1998 du Comité des choix techniques sur les halons:

- *La recherche et le développement d'envergure sur les nouveaux hydrocarbures gazeux et liquides pour le remplacement des halons, les nouvelles solutions de recharge et les solutions de recharge existantes ont donné lieu à l'établissement d'un vaste choix de possibilités. Cette situation a presque mis fin à l'utilisation du halon 1211 et du halon 1301 dans les nouvelles installations et dans la plupart des activités d'adaptation, dans les pays non visés à l'article 5(1) et dans plusieurs pays visés à l'article 5(1). Les systèmes restants provoquent très peu d'émissions dans des circonstances normales.*
- *Certaines préoccupations persistent malgré ce succès, dont la plus importante, l'utilisation constante de grandes quantités de halon 1211 dans les pays visés à l'article 5(1). Un transfert technologique s'impose dans plusieurs applications. Les pays à économie en transition ont besoin d'un programme efficace de récupération et de recyclage des halons, d'un programme de gestion du halon 2402 et d'un processus permanent de dissémination de l'information.*
- *Les organismes militaires de la plupart des pays industrialisés ont éliminé l'utilisation de tous les halons, à quelques grandes exceptions près. Il n'existe aucun produit de remplacement efficace pour les halons utilisés dans certaines activités importantes notamment à bord des bateaux, dans les sous-marins, dans les avions et dans les véhicules tactiques. La recherche sur les produits de remplacement se poursuit mais la consommation de halons se poursuivra sans doute pendant longtemps grâce aux banques de halons.*
- *Le halon 1011 et le halon 1202 sont utilisés à beaucoup moins grande échelle. L'augmentation des concentrations atmosphériques de halon 1202 rapportée dans les publications scientifiques ne peut pas être attribuable à la seule utilisation du halon pour éteindre les incendies. Les Parties sont invitées à examiner la possibilité que la source du problème soit la production et le dégagement accidentels de halon 1202 pendant la production de halon 1211 dans les pays visés à l'article 5(1).*

- *La gestion des stocks existants réussit à satisfaire aux besoins des «utilisateurs essentiels» du halon 1301, qui comprennent actuellement l'aviation, une certaine portion de la défense, le mazout, le gaz et le transport.* Ces besoins se trouvent en équilibre. Le maintien de cet équilibre est important. La destruction à grande échelle ne peut pas être recommandée tant qu'il n'y aura pas un important surplus de halon 1301.
- *Les efforts visant à minimiser les émissions demeurent essentiels surtout au début de cette nouvelle période de grande vulnérabilité de la couche d'ozone.* Les émissions totales ODP pondérées provenant du halon 1222 et du halon 1301 dans les pays visés à l'article 5(1) atteignent actuellement 23 000 tonnes ODP et dépassent dorénavant celles des pays non visés à l'article 5(1) où les émissions sont de 22 000 tonnes ODP. En 1992, les émissions de halons dans les pays non visés à l'article 5(1) étaient presque le double de celles des pays visés à l'article 5(1).

4. Bromure de méthyle

Voici les faits saillants du rapport de 1998 du Comité des choix techniques sur le bromure de méthyle:

- *La production de bromure de méthyle a atteint les 71 425 tonnes à l'échelle mondiale en 1996, dont 15 000 tonnes, l'équivalent de 22 % de l'utilisation de fumigènes à l'échelle mondiale, utilisées aux fins de quarantaine et traitement avant l'expédition.* L'utilisation aux fins de quarantaine et de traitement avant l'expédition échappe aux contrôles et produit des émissions non réglementées en vertu du Protocole. De plus, l'utilisation du bromure de méthyle à ces fins semble être à la hausse dans les pays industrialisés et en voie de développement. Le Comité des choix techniques sur le bromure de méthyle a noté certaines inconséquences dans l'interprétation des expressions «quarantaine» et «traitement avant l'expédition» qui pourraient inciter les Parties à exempter à tort cette utilisation. De plus, le bromure de méthyle est épandu à plusieurs reprises alors qu'un seul traitement avant l'expédition suffit pour satisfaire aux exigences de la quarantaine et du traitement avant l'expédition.
- *Malgré l'utilisation très répandue de bromure de méthyle dans la fumigation des sols (qui représente environ 75 % de la consommation mondiale), le Comité des choix techniques sur le bromure de méthyle n'a identifié aucune culture qui ne peut pas être produite avec succès sans bromure de méthyle.* Environ 13 % de la consommation mondiale de bromure de méthyle est utilisée pour le traitement des denrées durables et 3 % pour les bâtiments. Les principales solutions de remplacement sont la phosphine, la chaleur, le froid et les pesticides de contact. La gestion intégrée des parasites peut, dans bien des cas, remplacer le bromure de méthyle. Le Comité des choix techniques sur le bromure de méthyle n'a recensé aucune solution de remplacement existante pour le bromure de méthyle dans des utilisations autres que la quarantaine et le traitement avant l'expédition, qui représentent moins de 50 tonnes par année. Environ 9 % de la consommation mondiale de bromure de méthyle est consacrée au déparasitage des denrées périssables, dont la moitié pour le déparasitage des fruits aux fins de quarantaine. Les produits de remplacement pour le traitement des denrées après l'entrée au pays posent des problèmes car aucun d'entre eux n'a été conçu ni approuvé

pour le traitement des denrées arrivant par divers ports aériens et maritimes, et leur utilisation serait difficile à réaliser.

- *Les pays en voie de développement utilisent de 23 à 26 % de la production mondiale de bromure de méthyle.* Certains pays ont diminué leur consommation de façon draconienne ou ont officiellement éliminé le bromure de méthyle, tandis que d'autres ont augmenté leur consommation de façon importante et même leur production.
- *Certaines recherches limitées plus approfondies ont été faites sur la création de systèmes de récupération et de recyclage du bromure de méthyle,* surtout en ce qui a trait à la récupération dans les activités de fumigation des denrées. Il n'y a que de rares exemples spéciaux d'équipement de récupération utilisé à des fins commerciales à l'heure actuelle.
- *Le Comité des choix techniques sur le bromure de méthyle n'a trouvé aucun produit de remplacement pour les 2 500 tonnes de bromure de méthyle utilisées chaque année aux fins de quarantaine et de traitement avant l'expédition.* Il existe cependant des traitements et/ou procédures de remplacement chimiques et non chimiques qui conviennent sur le plan technique au contrôle des ennemis des cultures, ce qui permet d'éviter d'utiliser ou de remplacer le bromure de méthyle. Le Comité des choix techniques sur le bromure de méthyle a tenu compte de cette faible consommation pour établir l'existence de solutions de remplacement pour 95 % de la consommation actuelle de bromure de méthyle, exception faite de l'utilisation aux fins de quarantaine et de traitement avant l'expédition. D'importants efforts s'imposent afin d'introduire ces solutions de remplacement dans le plus grand nombre de sites possible et d'optimiser les conditions dans lesquelles elles s'avèrent les plus efficaces.

5. Réfrigération, climatisation et pompes à chaleur

Voici les faits saillants du rapport de 1998 du Comité des choix techniques sur la réfrigération, la climatisation et les pompes à chaleur:

- *Les HCFC représentent un choix mondial valide à court terme pour l'équipement de réfrigération et de climatisation.* En plus des nombreuses méthodes de compression sans vapeur, il n'existe, à long terme, que cinq choix de frigorigènes pour le cycle de compression de vapeur : les composés à base de HFC et de HCFC, l'ammoniaque, les hydrocarbures et composés, le dioxyde de carbone et l'eau. Aucun n'est parfait et ils offrent tous des avantages et des inconvénients dont il faut tenir compte.
- *Tous les fabricants des pays non visés à l'article 5(1) ont fait la transition du CFC-12 aux frigorigènes sans ODS dans la fabrication d'équipement de réfrigération neuf.* Le secteur de la réfrigération domestique a entièrement reconverti ses opérations à une technologie à base de HFC et d'hydrocarbures (c.-à-d. le HC-600a) dans le circuit frigorifique. La transition à ces produits chimiques dans le secteur de la réfrigération domestique est en cours dans les pays visés à l'article 5(1) et dans les pays à économie en transition. La transition dans les pays visés à l'article 5(1) se fait à un rythme plus rapide que celui exigé en vertu du Protocole de Montréal.

- *La réfrigération commerciale comprend une vaste gamme d'équipement, ce qui explique pourquoi la transition visant à éliminer les substances appauvrissant la couche d'ozone en est à des étapes différentes.* Le HFC-134a a remplacé le CFC-12 dans la plupart des grands appareils autonomes. La plupart des appareils de plus petite taille utilisent divers hydrocarbures, surtout le propane. Les mélanges à base de HFC sont souvent perçus comme étant les frigorigènes de choix pour des raisons de sécurité et de coût initial, et représentent donc le frigorigène de choix. L'ammoniac et le HCFC-22 sont utilisés couramment dans les chambres froides et le traitement des aliments. Les hydrocarbures et le dioxyde de carbone sont utilisés dans des applications précises.
- *Presque tous les appareils de climatisation refroidis à l'air sont à base de HCFC-22.* Le développement de solutions de rechange au HCFC-22, c'est-à-dire les hydrocarbures et le R-407C, un composé à base de HFC, a connu d'importants progrès. Ces produits, ainsi que les hydrocarbures, sont facilement accessibles sur le marché. Les refroidisseurs d'eau utilisent divers frigorigènes, dont les fluorocarbures (dominants) et l'ammoniac. Les refroidisseurs à base d'hydrocarbures ont fait leur apparition dans certains marchés régionaux.
- *La plupart des climatiseurs d'automobile utilisés en 1994 ont été adaptés ou mis aux rebuts.* Tous les fabricants d'automobiles ont reconverti leurs climatiseurs d'automobiles au HFC-134 depuis 1994. Les fabricants de systèmes à base de HFC-134a travaillent à améliorer la conception de leurs systèmes afin de minimiser la charge de frigorigène et les émissions de frigorigènes, et de maximiser l'efficacité énergétique de leur système. Les nouveaux véhicules seront sans doute équipés de systèmes au HFC-134 jusqu'à la conception et la commercialisation d'une solution de rechange qui offre une performance, une fiabilité et des caractéristiques de sécurité comparables, ainsi que des bienfaits économiquement viables pour le réchauffement de la planète.
- *Outre les HFC, les solutions de remplacement sans fluorocarbures et de nature différente sont de plus en plus privilégiées pour l'avenir.* Le secteur de l'entretien dans les pays en voie de développement demeure un facteur important dans la réduction substantielle des émissions des CFC ici.

6. Solvants, revêtements et adhésifs

Voici les faits saillants du rapport de 1998 du Comité des choix techniques sur les solvants:

- *Les industries des pays industrialisés ont près de deux ans d'expérience dans la non utilisation de solvants qui appauvrissent la couche d'ozone.* La grande majorité des consommateurs utilisent avec succès des produits de remplacement depuis une très courte période de temps. Le Comité des choix techniques est de plus en plus convaincu qu'il existe ou qu'il existera sous peu des produits de remplacement pour tous les solvants. Le Comité des choix techniques sur les solvants conserve toutefois quelques craintes au sujet des pays industrialisés.

- *La dépendance continue envers les stocks de solvants existants démontre que l'intérêt est surtout de nature économique et que l'on est à la recherche de produits de remplacement efficaces. Les consommateurs de 1,1,1-trichloroéthane sentiront de plus en plus la pression de trouver bientôt des produits de remplacement.*
- *Le Comité des choix techniques sur les solvants s'est tourné vers les pays en voie de développement à la suite de l'élimination de la production de solvants appauvrissant la couche d'ozone dans les pays industrialisés. L'élimination se poursuit comme prévu dans les pays industrialisés. Ce sont dans les pays en voie de développement que la situation continue à inspirer certaines craintes. Les craintes du Comité des choix techniques sur les solvants portent surtout sur la demande mondiale pour les substances appauvrissant la couche d'ozone dans les petites et moyennes entreprises et sur l'élimination du tétrachlorure de carbone. Il reste encore un problème important à régler, à savoir l'élimination complète des solvants contrôlés dans les petites et moyennes entreprises qui, ensemble, consomment une proportion importante des solvants appauvrissant la couche d'ozone.*
- *Il existe des produits de remplacement n'appauvrissant pas la couche d'ozone pour presque tous les solvants, les revêtements et les adhésifs sur le marché. L'utilisation de HCFC, de HFC et de PFC pourrait cependant s'avérer nécessaire à court terme dans certaines applications limitées et particulières.*
- *Deux solvants bromés appauvrissant la couche d'ozone viennent d'être lancés sur le marché : le chlorobromométhane et le bromure de n-propyle. Étant donné que ces substances ont la capacité d'appauvrir la couche d'ozone et qu'elles risquent d'être utilisées à grande échelle, le Comité des choix techniques sur les solvants recommande que les Parties au Protocole de Montréal examinent le risque que ces substances posent pour la couche d'ozone.*

7. Économie

Voici les faits saillants du rapport de 1998 du Comité des choix économiques:

- *De récentes études ont démontré que presque tous les pays visés à l'article 5(1) respecteront «l'échéance de 1999» pour la production et la consommation de substances contrôlées du Groupe I de l'annexe A. Pour respecter les échéances de 2002 et suivantes, les pays visés à l'article 5(1) devront améliorer le respect des échéances dans les PME. Plusieurs études de cas ont attiré l'attention sur l'utilisation d'instruments reposant sur les mécanismes du marché bien que l'utilisation de mesures de commande et de contrôle demeure efficace.*
- *Les dispositions sur le commerce contenues dans le Protocole de Montréal ont contribué à réduire le commerce international des substances contrôlées, comme prévu. Sur le plan régional, il existe des preuves quantitatives des répercussions du Protocole sur le flux des échanges commerciaux dans les groupes de produits visés. Ces répercussions sont attribuables à la demande réduite de produits contenant des substances appauvrissant la couche d'ozone, la difficulté à reconverter la production à une technologie à base de substances n'appauvrissant pas la couche d'ozone et la différence dans les calendriers d'élimination des pays visés à l'article 5(1) et des pays non visés à l'article 5(1). Ces facteurs*

recommencent à influencer le commerce de nouvelles substances contrôlées telles que les HCFC et le bromure de méthyle.

- *Des mesures visant à éliminer le commerce illégal ont été entreprises, surtout en ce qui concerne la décision d'exiger que toutes les Parties mettent en œuvre un système d'importation et d'exportation, les mesures de contrôle supplémentaires proposées sur l'utilisation de substances contrôlées dans certains pays importants et la réduction de l'approvisionnement de substances contrôlées illégales à la suite de la récente décision de dix pays donateurs de fournir un appui financier supplémentaire pour l'élimination d'installations précises de fabrication de CFC.*

8. Défis à relever dans les pays visés à l'article 5(1) et les pays à économie en transition

- *L'expérience des pays industrialisés révèle qu'un leadership et un engagement solides sont essentiels de la part des gouvernements, de l'industrie et des individus afin de créer et de maintenir un air d'aller dans les pays visés à l'article 5(1). L'incapacité de la réglementation existante d'appuyer le processus d'élimination demeure un obstacle de taille dans plusieurs pays visés à l'article 5(1). Les incertitudes entourant l'accessibilité et le coût de la technologie ont presque toutes été apaisées et il existe dorénavant des produits de remplacement pour presque toutes les substances appauvrissant la couche d'ozone. Le plus grand défi reste donc la mise en œuvre de projets du Fonds multilatéral dans les pays visés à l'article 5(1) et la découverte de moyens de joindre le très vaste secteur informel de l'entretien.*
- *Plusieurs des 16 pays à économie en transition non visés à l'article 5(1) n'ont pas respecté les échéances d'élimination établies dans le Protocole de Montréal. Le processus est ralenti pour plusieurs raisons telles que l'absence d'une association commerciale ou industrielle, l'absence d'un réseau d'experts, l'absence de moyens d'en arriver à un consensus, la mise en commun limitée de l'information et l'exécution incomplète de la réglementation.*

La future couche d'ozone

Cette section du rapport de synthèse a pour but d'examiner l'avenir. Elle résume les connaissances actuelles sur les facteurs qui pourraient influencer la couche d'ozone au 21^e siècle, c'est-à-dire les changements attribuables aux gestes des êtres humains, aux phénomènes naturels et aux variations atmosphériques. Les facteurs d'influence humaine sont présentés et analysés comme des possibilités et examinés à fond dans le cadre des rapports de 1998 des Groupes de l'évaluation afin d'en déterminer l'ampleur et la valeur concrète.

Avant de présenter une description de ces possibilités quantifiées et évaluées, prenons le temps d'examiner une situation que le Protocole de Montréal et ses Amendements et Conventions subséquents ont permis d'éviter. Cet exercice s'avère particulièrement pertinent dans le cadre de ce Rapport de synthèse car le Protocole a fêté son 10^e anniversaire en 1997 et que ce Rapport de synthèse souligne les dix années de contribution des Groupes de l'évaluation à ce processus.

A. Le monde que nous avons évité

1. Une couche d'ozone appauvrie

L'examen du «Monde que nous avons évité» grâce au Protocole de Montréal de 1987, les procédés qui y ont mené et son fonctionnement au cours des années qui ont suivi est un excellent moyen de mesurer le succès de ces mesures et événements. La concentration des gaz appauvrissant la couche d'ozone aurait été cinq fois plus élevée qu'aujourd'hui en l'an 2050 (l'année approximative où la couche d'ozone devrait revenir à son état d'avant l'année 1980) (figure 1). L'appauvrissement de la couche d'ozone aurait été beaucoup plus marqué qu'aujourd'hui. Cet appauvrissement aurait eu pour effet, notamment, de doubler le rayonnement UV-B aux latitudes moyennes de l'hémisphère nord. Si ce n'avait été des efforts entrepris pour protéger la couche d'ozone, le nombre de cancers de la peau aurait monté en flèche au prochain siècle (figure 2).

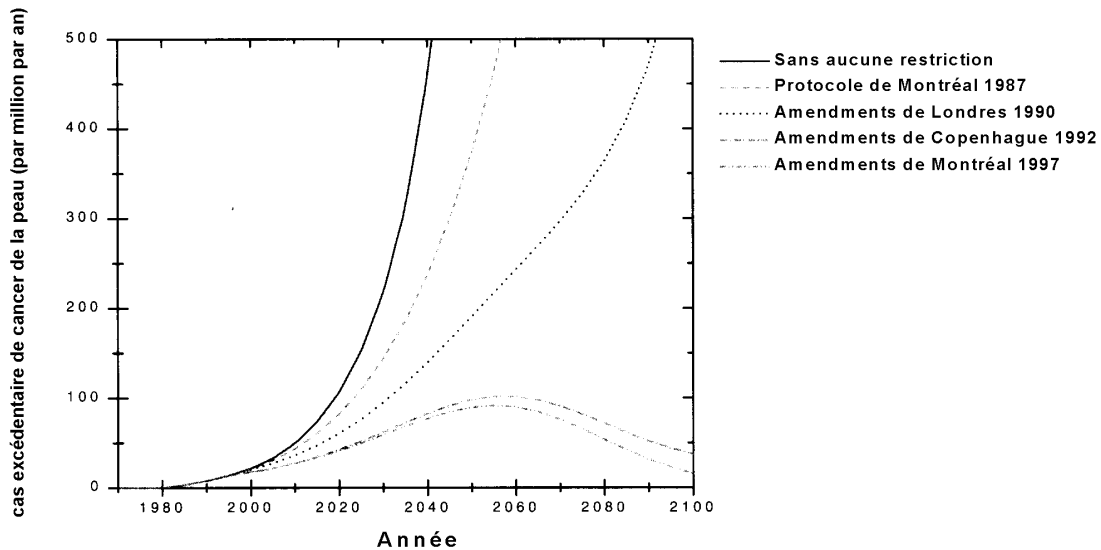


Figure 2: Incidence annuelle de cas excédentaires futurs de cancer de la peau par million d'habitants pour les cinq scénarios. Réglementation existante (tirets, deux points), Amendement de Copenhague (tirets, un point), Amendement de Londres (pointillé), Protocole de Montréal original (ligne pleine).

De plus, ces répercussions (et plusieurs autres, sans doute) seraient devenues de plus en plus alarmantes après 2050, si ce n'avait été du Protocole de Montréal. Il est important de noter que bien que les dispositions originales du Protocole de Montréal de 1987 auraient ralenti les croissances ci-dessus, ce sont les Amendements et les Conventions subséquentes (Londres, 1990; Copenhague, 1992 et Vienne, 1995) qui en ont permis le rétablissement (amélioration de la situation).

2. Les solutions technologiques

Malgré la meilleure volonté possible des pays de protéger la couche d'ozone, les accords convenus n'auraient jamais pu être exécutés sans la collaboration de l'industrie et les innovations qui ont donné lieu à la conception et à la fabrication de produits de remplacement des substances appauvrissant la couche d'ozone. À cet égard, il est important de noter qu'il existait très peu de produits de remplacement des CFC et des halons lors de la signature du Protocole de Montréal en 1987. La plupart des experts avaient estimé que les CFC seraient surtout remplacés par des produits chimiques du même genre, tels que HCFC et les HFC. Le Protocole de Montréal a favorisé la recherche mondiale pour des produits de remplacement et des solutions de rechange, de sorte que les HCFC et les HFC sont devenus un élément minoritaire quoique critique de la solution actuelle. La consommation totale de produits chimiques a diminué d'environ trente pour cent de 1987 à 1998 grâce à des stratégies de protection comme la rétention et le recyclage. Elle a été réduite d'environ 50 % grâce au recours à des solutions de remplacement sans fluorocarbures, comme par exemple les solutions sans produits chimiques telles que la soudure ne nécessitant pas de nettoyage, et des solutions à base de produits chimiques telles que des agents propulseurs, des agents nettoyants et des agents de gonflage sans hydrocarbures. Seulement 20 % de la réduction a

été attribuable à l'utilisation de produits de remplacement à base de HCFC et de HFC. L'évolution des prévisions de l'industrie sur les composés de remplacement des CFC a été un indicateur de ce progrès technique rapide, comme l'indique le tableau 1.

Table 1. Évolution des séries de solutions destinées à remplacer les CFC.

Solution de remplacement	Estimation (%): Année			1998
	1989	1991	1992	
Sans fluorocarbures	32	47	48	50
Protection	29	12	26	30
HCFC	30	24	11	13
HFC	9	17	15	7

B. Le monde de l'avenir: L'état des connaissances

1. Les prévisions scientifiques

- *Les concentrations stratosphériques des gaz appauvrissant la couche d'ozone devraient atteindre leur maximum avant l'an 2000.* Si tous les autres facteurs (comme par exemple les fluctuations climatiques et les éruptions volcaniques) demeurent inchangés, les pertes d'ozone actuelles (par rapport aux valeurs observées dans les années 1970) devraient se situer près du maximum. Ce sont:
 - Environ 6 % aux latitudes moyennes de l'hémisphère nord en hiver/printemps,
 - Environ 3 % aux latitudes moyennes de l'hémisphère nord en été/automne,
 - Environ 5 % aux latitudes moyennes de l'hémisphère sud toute l'année,
 - Environ 50 % en Antarctique au printemps,
 - Environ 15 % en Arctique au printemps.

De tels changements dans la couche d'ozone devraient entraîner une augmentation du rayonnement UV-B de surface de 7, 4, 6, 130 et 22 %, respectivement, si les autres facteurs d'influence, tels que les nuages, demeurent constants.

- *La période de risque d'appauvrissement de la couche d'ozone durera encore quelques décennies.* La réduction du niveau de chlore et de bromure dans la stratosphère se fera plus lentement

que l'augmentation qui a eu lieu pendant les dernières décennies. Les perturbations extrêmes, causées par des phénomènes naturels tels que les éruptions volcaniques, qui se produiront pendant cette période pourraient augmenter l'appauvrissement de la couche d'ozone attribuable aux produits chimiques.

- *La couche d'ozone se rétablira lentement au cours des 50 prochaines années.* Les concentrations stratosphériques des substances appauvrissant la couche d'ozone devraient revenir à leur niveau d'avant 1980 (c.-à-d. leur état normal) vers 2050 si les dispositions actuelles du Protocole de Montréal, de ses Amendements et de ses Conventions jusqu'à 1997 sont respectées à l'échelle mondiale et si les autres facteurs (tels que le climat mondial) demeurent inchangés.
- *L'amélioration de la couche d'ozone ne pourra être perceptible que longtemps après l'atteinte des concentrations stratosphériques maximales des gaz appauvrissant la couche d'ozone.* Les augmentations futures possibles des concentrations d'autres gaz qui jouent un facteur déterminant dans la composition chimique de la couche d'ozone (comme par exemple l'oxyde nitreux, le méthane et la vapeur d'eau) et le changement climatique affecteront le rétablissement de la couche d'ozone.
- *Malgré tout, l'incidence de cancer de la peau continuera à augmenter longtemps après le rétablissement de la couche d'ozone.* Le niveau maximum de ces incidences excessives devrait être atteint vers 2035 pour les cataractes et 2060 pour le cancer de la peau. Cette différence est attribuable au temps qui s'écoule entre l'exposition et l'apparition de la maladie.
- *Il serait très utile de posséder des prévisions quantitatives de ce genre pour les autres conséquences associées à l'appauvrissement de la couche d'ozone mais les connaissances actuelles ne permettent pas d'en établir.* Ces conséquences affectent les forêts, l'approvisionnement alimentaire associé à l'agriculture et les pêches.

2. Les possibilités technologiques

- *Plusieurs solutions de rechange et produits de remplacement ont été conçus dans tous les secteurs qui utilisaient des substances appauvrissant la couche d'ozone.* Plusieurs nouveaux produits et équipements de fabrication sont à base de HFC, d'hydrocarbures et autres produits chimiques qui n'appauvrissent pas la couche d'ozone. Il y a encore quelques exceptions : le HCFC-141b utilisé dans la fabrication de mousse isolante et le HCFC-22 et HCFC-123 utilisés dans les climatiseurs fixes et les refroidisseurs d'eau. L'utilisation de HCFC-141b et de HCFC-22 dans le nouvel équipement devrait cesser après 2001. Après cette date, l'industrie de l'entretien deviendra le principal consommateur de HCFC. Les niveaux de production et d'utilisation de CFC dans les pays en voie de développement demeurent toutefois élevés. Les plans économiques visant à faire fermer des installations devraient se concrétiser en 1999. Ceux-ci auront des conséquences directes sur l'accessibilité et le coût des CFC, leur utilisation, l'utilisation de produits de remplacement et l'émission de CFC dans l'atmosphère.

- *Les discussions comparant le prix des produits chimiques à base de HFC et de la fabrication du HFC comparativement au prix des autres produits chimiques et coûts manufacturiers qui leur sont associés se poursuivent.* Cette situation a des liens directs avec le réchauffement de la planète. Les choix techniques de l'avenir tiendront sûrement compte des dispositions du Protocole de Montréal et du Protocole de Kyoto. Le Groupe des technologies et de l'économie a entrepris des travaux avec le Groupe intergouvernemental d'experts pour l'étude du changement climatique afin d'évaluer les conséquences possibles sur la couche d'ozone du contrôle des HFC et des PFC en vertu du Protocole de Kyoto. Raisonnablement, on pourrait s'attendre à ce que cette intervention favorise les conseils judicieux sur les choix de solutions offrant les meilleures qualités environnementales, compte tenu des exigences des deux Protocoles. Malheureusement, les discussions sur les politiques peuvent s'étendre pendant longtemps, et tout retard possible de l'élimination des CFC (ou tout retour possible aux CFC) pourrait retarder le rétablissement de la couche d'ozone. Il devra y avoir une grande collaboration de la communauté mondiale dans l'avenir afin de régler ces problèmes importants.

C. Le monde de l'avenir: Les choix de changement

- *Le choix des façons de réduire la vulnérabilité actuelle et à court terme de la couche d'ozone à l'appauvrissement sont très limités.* La vulnérabilité actuelle et des prochaines décennies est surtout attribuable à l'utilisation et aux émissions passées de substances durables qui appauvrissent la couche d'ozone et à la lenteur du processus de rétablissement naturel de la couche d'ozone que l'être humain est impuissant à accélérer. Les facteurs déterminants à court terme de l'état de la couche d'ozone sont donc les procédés naturels et anthropiques sans lien avec les composés de chlore et de bromure (comme par exemple les gaz à effet de serre et les fluctuations climatiques) auxquels la couche d'ozone réagit en raison de ses concentrations élevées de substances qui appauvrissent la couche d'ozone.
- *Il existe peu de politiques pour améliorer à long terme le rétablissement de la couche d'ozone.* Les mesures de contrôle actuelles non ratifiées (Montréal 1997) offrent certains choix qui pourraient réduire l'appauvrissement cumulatif de la couche d'ozone d'ici à ce que la couche d'ozone revienne à l'état où elle était avant 1980. Cet appauvrissement cumulatif de la couche d'ozone relié à l'exposition à long terme aux rayonnements UV-B représente un instrument de mesure pertinent de l'amélioration. Dans son rapport de 1998 (annexe C), le Groupe de l'évaluation scientifique calcule le pourcentage d'amélioration par rapport à Montréal (1997) dans divers scénarios. De plus, le Groupe de l'évaluation technique et économique a examiné la faisabilité, l'utilité et les coûts possibles associés à ces scénarios. L'information ainsi recueillie sur les bienfaits et les coûts peut aider à déterminer à si ces scénarios scientifiques offrent vraiment des choix pratiques qui valent la peine d'être examinés de plus près. Voici un aperçu des résultats:
 - ◇ *Scénario scientifique:* L'appauvrissement cumulatif futur de la couche d'ozone pourrait être réduit de 9 % si les émissions de halon-1211 étaient éliminées à l'échelle mondiale en 2000.

Point de vue technologique et économique : Le Groupe de l'évaluation technique et économique et le Comité des choix techniques sur le halon estiment que les quantités déjà produites de halon-1211 dépassent les besoins prévisibles aux fins essentielles et qu'il est possible du point de vue technique de récupérer le halon-1211 aux fins d'entreposage sûr ou de destruction. Par contre, le Groupe de l'évaluation technique et économique prie instamment les Parties d'examiner la possibilité que l'imposition d'un programme de récupération obligatoire des halons aux frais des utilisateurs donne lieu à la libération dans l'atmosphère de très grandes quantités de halons au moment où la couche d'ozone est la plus vulnérable. Il faut noter que les émissions totales ODP de halon-1211 et de halon-1301 dans les pays visés à l'article 5(1) dépassent actuellement celles des pays non visés à l'article 5(1).

- ◇ *Scénario scientifique* : L'appauvrissement cumulatif futur de la couche d'ozone pourrait être réduit de 7 % si les émissions de halon-1301 étaient éliminées à l'échelle mondiale en 2000.

Point de vue technologique et économique : Il n'existe pas de quantités superflues de halon-1301. On ne peut donc pas en recommander la destruction. Les systèmes restants ont des taux d'émission relativement faibles dans des circonstances normales. Les émissions associées aux essais et à la formation ont été virtuellement éliminées, et la récupération de l'agent pendant l'entretien et la mise hors service est devenue pratique courante. La gestion des stocks existants réussit à satisfaire aux besoins des «utilisateurs essentiels» du halon 1301, qui comprennent actuellement l'aviation, une certaine portion de la défense, le mazout, le gaz et le transport. Le halon 1301 récupéré lors de la mise hors service répond aux besoins essentiels. La valeur marchande du halon 1301 recyclé créé pour ces besoins essentiels favorise les bonnes pratiques de conservation. Il est important de conserver cet équilibre et que le halon conserve sa valeur d'actif. Les interdictions d'utilisation et les exigences de mise hors service auront sans doute pour effet de réduire la valeur du halon 1301 et de décourager l'utilisation de bonnes pratiques de conservation.

- ◇ *Scénario scientifique* : L'appauvrissement cumulatif futur de la couche d'ozone pourrait être réduit de 5 % si les émissions de HCFC étaient éliminées à l'échelle mondiale en 2004.

Point de vue technologique et économique : Il existe des solutions de rechange sans ODP aux substances appauvrissant la couche d'ozone pour la plupart des utilisations. Cependant, dans certains cas (dont l'utilisation de HCFC dans les mousses isolantes ou comme frigorigène), le HCFC peut être nécessaire soit sur le plan technique ou en raison de son efficacité énergétique élevée. L'utilisation de nouvel équipement ayant une efficacité énergétique moins élevée en raison du resserrement des contrôles du HCFC créerait un obstacle à l'exécution du Protocole de Kyoto. Les incertitudes entourant l'accessibilité, la pertinence et la viabilité économique de certaines solutions de rechange sans HCFC constituent déjà des obstacles à la transition dans certains pays en voie de développement, et des contrôles plus sévères des HCFC pourraient nuire aux progrès de l'élimination des CFC. Les solutions de rechange à

base de HCFC pour remplacer les CFC ont commencé à être accessibles pour plusieurs applications longtemps avant la commercialisation de produits de remplacement pour les substances appauvrissant la couche d'ozone. À cette époque, les utilisateurs étaient encouragés à prendre rapidement des mesures pour protéger la couche d'ozone. Les Parties sont invitées à examiner les avantages de s'assurer qu'il existe des quantités suffisantes de HCFC pour permettre la récupération économique raisonnable des premiers investissements dans les HCFC.

- ◇ *Scénario scientifique* : L'appauvrissement cumulatif futur de la couche d'ozone pourrait être réduit de 2,5 % si la fabrication de tous les CFC et du tétrachlorure de carbone était éliminée à l'échelle mondiale en 2004.

Point de vue technologique et économique : Il est techniquement possible d'éliminer virtuellement toute la production et l'utilisation de CFC d'ici 2004. Les pays à économie en transition et les pays visés à l'article 5(1) continuent à utiliser des CFC surtout en raison des limites au financement accordé par la Banque mondiale et le Fonds multilatéral, et de l'incapacité des agences d'exécution à gérer la transition. De plus, les Parties ont déjà entrepris des mesures réalisables sur le plan technique et économique pour limiter les émissions de dioxyde de carbone dans les utilisations comme matière première et comme agent de traitement mais pourraient intensifier leurs efforts pour éliminer le tétrachlorure de carbone comme solvant et à des fins d'utilisation en laboratoire et dans les analyses (classées actuellement utilisations essentielles). Le Groupe de l'évaluation technique et économique prévoit que l'utilisation essentielle de CFC dans les inhalateurs à dose sera réduite au minimum dans les pays non visés à l'article 5(1) d'ici 2005. Cependant, les CFC de catégorie commerciale seront encore utilisés pour les inhalateurs à dose oraux dans les pays visés à l'article 5(1).

- ◇ *Scénario scientifique* : L'appauvrissement cumulatif futur de la couche d'ozone pourrait être réduit de 1,6 % si le plafond de production de HCFC dans les pays en voie de développement était réduit de 2,8 % à 2,0 % en 2000, si la date d'élimination était devancée de 2030 à 2015 et si les échéances de réduction intermédiaires étaient atteintes plus rapidement.

Point de vue technologique et économique : Le Groupe de l'évaluation technique et économique et ses Comités des choix techniques n'ont pas examiné ce scénario. Les HCFC sont clairement reconnus comme des substances de transition en vertu du Protocole de Montréal et ne sont habituellement pas utilisés lorsque le coût des produits de remplacement est le même. Des contrôles plus rigoureux des HCFC augmenteraient le besoin de contributions supplémentaires au Fonds multilatéral et à la Banque mondiale. Les Parties sont invitées à faire un effort supplémentaire afin de favoriser les choix informés de la technologie la plus acceptable sur le plan environnemental.

- ◇ *Scénario scientifique* : L'appauvrissement cumulatif futur de la couche d'ozone pourrait être réduit de 1 % si la fabrication du bromure de méthyle était éliminée à l'échelle mondiale en 2004.

Point de vue technologique et économique : Le Groupe de l'évaluation technique et économique et son Comité des choix techniques sur le bromure de méthyle ont déjà rapporté qu'il est possible d'accélérer l'élimination du bromure de méthyle. Les utilisateurs de bromure de méthyle auraient avantage à être informés de nouvelles mesures de contrôle visant à accélérer l'élimination. La recherche, les démonstrations et les budgets de réglementation actuels sont fondés sur les mesures de contrôle existantes et pourraient être appelés à être augmentés si les mesures de contrôle du bromure de méthyle devaient être resserrées en vertu du Protocole. La formation est un élément important du calendrier d'élimination actuel et celle-ci devra se faire à un rythme accéléré si les mesures de contrôle du bromure de méthyle devenaient plus sévères.

- *Le non respect des accords internationaux du Protocole de Montréal affectera le rétablissement de la couche d'ozone.* À titre d'exemple, la fabrication illégale de 20-40 ktonnes par année de CFC-12 et de CFC-113 pendant les 10-20 prochaines années entraînerait une augmentation de 1-4 % de l'appauvrissement cumulé total de la couche d'ozone.
- *L'appauvrissement de la couche d'ozone est directement liée au changement climatique. Le lien est tout aussi étroit entre les Protocoles de Montréal et de Kyoto.* Les changements au niveau de la couche d'ozone affectent le climat terrestre et les changements climatiques et les conditions météorologiques affectent la couche d'ozone car il existe plusieurs procédés chimiques et physiques communs à ces deux phénomènes. Par conséquent, les décisions prises (ou pas prises) en vertu d'un Protocole peuvent influencer les buts de l'autre Protocole. À titre d'exemple, tout changement sur le plan des émissions des gaz à effet de serre tels que le méthane, l'oxyde nitreux et le dioxyde de carbone influencerait la vitesse de rétablissement de la couche d'ozone. De même, les décisions prises au sujet du HFC pourraient influencer la capacité d'éliminer les substances appauvrissant la couche d'ozone.

D. Épilogue

La société a tendance à demander aux scientifiques, aux technologues et aux économistes de se consacrer à résoudre les problèmes de l'humanité reconnus, et c'est compréhensible. Cette demande a récemment été très explicite dans la Déclaration de Séoul pour l'éthique environnementale (1997). Il est évident que ces communautés d'experts ont été à la hauteur des attentes de leur contribution au règlement du problème de l'appauvrissement de la couche d'ozone. L'élément le plus notable de cette contribution des scientifiques a sans doute été la prédiction de l'appauvrissement de la couche d'ozone bien avant que celui-ci puisse être mesuré. Cette situation a permis d'identifier et de caractériser le phénomène associé aux émissions anthropiques de composés de chlore et de bromure, l'appauvrissement de la couche d'ozone et les effets environnementaux connexes. Certaines solutions techniques ont été proposées, examinées afin d'en déterminer la pertinence, produites et mises en marché à l'échelle mondiale. Les experts examinent l'information pertinente et la présentent aux Parties, à l'industrie et au public. Les rapports de 1998 des Groupes de l'évaluation du Protocole de Montréal, qui ont servi à préparer cette synthèse, ne sont que la

dernière étape de ce service. L'utilité permanente de ces services demeure le but à atteindre pour tous les participants.