



Distr. : générale
6 juin 2011

Français
Original : anglais



Programme des Nations Unies pour l'environnement

Groupe de travail à composition non limitée des Parties au Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone

Trente et unième réunion

Montréal, 1^{er}-5 août 2011

Point 9 de l'ordre du jour provisoire*

Rapport de synthèse sur l'évaluation des Groupes d'évaluation du Protocole de Montréal pour 2010

Rapport de synthèse

Note du Secrétariat

1. On trouvera dans l'annexe à la présente note un rapport de synthèse des trois rapports ci-après, établis conformément à l'article 6 du Protocole de Montréal relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone, par le Groupe de l'évaluation scientifique, le Groupe de l'évaluation des effets sur l'environnement et le Groupe de l'évaluation technique et économique, respectivement : « Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2010 », « Environmental Effects of Ozone Depletion and its Interactions with Climate Change: 2010 Assessment » et « 2010 Report of the Technology and Economic Assessment Panel ».
2. Le présent rapport de synthèse est présenté tel que soumis par les coprésidents des trois Groupes d'évaluation, sans avoir été officiellement édité.
3. Les conclusions figurant dans le rapport de synthèse sont appuyées par les trois rapports des Groupes d'évaluation pour 2010, que l'on peut consulter sur le site du Secrétariat de l'ozone aux adresses suivantes :

Scientific Assessment of Ozone Depletion: 2010

http://ozone.unep.org/Assessment_Panels/SAP/Scientific_Assessment_2010/index.shtml

Environmental Effects of Ozone Depletion and its Interactions with Climate Change: 2010 Assessment

http://ozone.unep.org/Assessment_Panels/EEAP/eeap-report2010.pdf

2010 Report of the Technology and Economic Assessment Panel

http://ozone.unep.org/Assessment_Panels/TEAP/Reports/TEAP_Reports/teap-toc-assessment-reports-2010.shtml

*

UNEP/OzL.Pro.WG.1/31/1/Rev.1.

Annexe

COPRÉSIDENTS DES GROUPES D'ÉVALUATION

Groupe de l'évaluation scientifique

M. Ayité-Lô Nohende AJAVON

Université du Bénin (Togo)

M. Paul A. NEWMAN

National Aeronautics and Space Administration (États-Unis d'Amérique)

M. A. R. RAVISHANKARA

National Oceanic and Atmospheric Administration (États-Unis d'Amérique)

M. John A. PYLE

Université de Cambridge (Royaume-Uni)

Groupe de l'évaluation des effets sur l'environnement

Mme Janet F. BORNMAN

Université de Waikato (Nouvelle-Zélande)

M. Nigel D. PAUL

Université de Lancaster (Royaume-Uni)

M. Xiaoyan TANG

Université de Beijing (Chine)

Groupe de l'évaluation technique et économique

M. Stephen O. ANDERSEN

Institute for Governance and Sustainable Development (États-Unis d'Amérique)

M. Lambert J. M. KUIJPERS

Université technique d'Eindhoven (Pays-Bas)

Mme Marta PIZANO

Hortitecnia (Colombie)

RAPPORT DE SYNTHÈSE

Principales conclusions des évaluations de 2010 du Groupe de l'évaluation scientifique, du Groupe de l'évaluation des effets sur l'environnement et du Groupe de l'évaluation technique et économique

Ayité-Lô Ajavon, Stephen O. Andersen, Janet F. Bornman, Lambert J. M. Kuijpers, Paul A. Newman, Nigel D. Paul, Marta Pizano, John A. Pyle et A. R. Ravishankara

Le Protocole de Montréal protège effectivement la couche d'ozone, comme le confirment les évaluations réalisées depuis 2006. On constate en outre que la concentration atmosphérique totale de substances qui appauvrissent la couche d'ozone (SAO) continue de diminuer, même si les concentrations d'hydrochlorofluorocarbones (HCFC), utilisés en remplacement des chlorofluorocarbones (CFC), continuent d'augmenter. Les données d'observation montrent que, globalement, aux latitudes moyennes et aux pôles, la colonne d'ozone est inférieure aux niveaux de 1980, mais s'est stabilisée au cours de la décennie écoulée. L'absence de modification de la couche d'ozone durant cette période, au cours de laquelle les SAO n'ont diminué que légèrement, est corroborée par ce que nous savons de l'atmosphère.

Si le Protocole de Montréal n'avait pas atteint son but, et si donc les émissions de SAO avaient continué d'augmenter, on aurait observé un appauvrissement considérable de la couche d'ozone avec, pour corollaire, une augmentation sensible du rayonnement ultraviolet (UV). Ces modifications du rayonnement UV aurait eu de sérieuses conséquences sur la santé humaine et l'environnement.

La baisse des concentrations de SAO est bénéfique non seulement pour la couche d'ozone mais aussi pour le climat de la planète. Les émissions de SAO (en équivalent CO₂) évitées en 2010 grâce aux mesures de réglementation du Protocole de Montréal sont cinq fois plus importantes environ que la réduction des émissions prévues par le Protocole de Kyoto pour les gaz à effet de serre, au cours de la première période d'engagement. Si les concentrations de gaz à effet de serre qui appauvrissent la couche d'ozone avaient continué d'augmenter, la contribution des SAO au forçage climatique total aurait atteint un niveau correspondant à une fraction importante de la contribution du CO₂.

Les principales conclusions des évaluations de 2010 du Groupe de l'évaluation scientifique, du Groupe de l'évaluation des effets sur l'environnement et du Groupe de l'évaluation technique et économique sont exposées ci-après. En outre, trois questions présentant un intérêt particulier par les Parties sont mises en relief. La première est le lien entre l'ozone stratosphérique et le climat. La deuxième, les conséquences pour le climat de la poursuite de l'utilisation de HFC à PRG élevé en remplacement des SAO pour certaines applications. La troisième, l'augmentation croissante des utilisations et des émissions du bromure de méthyle pour la quarantaine et les traitements préalables à l'expédition, qui ne sont pas réglementées par le Protocole de Montréal.

L'ozone stratosphérique et le climat

L'appauvrissement de l'ozone stratosphérique et les changements climatiques sont étroitement liés. L'ozone absorbe le rayonnement UV et se comporte comme un gaz à effet de serre. L'ozone stratosphérique influe sur le climat de surface, tandis que les gaz à effet de serre influent sur l'ozone stratosphérique. C'est ainsi que le dioxyde de carbone rafraîchit la stratosphère tandis que d'autres gaz à effet de serre (tels que le méthane et l'oxyde nitreux) ont un impact sur l'ozone stratosphérique. Les SAO non seulement détruisent l'ozone stratosphérique mais peuvent également être de puissants gaz à effet de serre. De surcroît, certains HFC actuellement utilisés pour remplacer d'autres SAO sont aussi de puissants gaz à effet de serre. C'est pourquoi la protection de la couche d'ozone et la protection du climat devraient être abordées ensemble dans toute décision visant à réglementer les émissions chimiques d'origine anthropique.

Au printemps, l'augmentation des SAO appauvrit considérablement la couche d'ozone au-dessus de l'Antarctique. Dans l'hémisphère Sud, cet appauvrissement prolonge l'hiver stratosphérique, modifie le régime des vents dans la troposphère et provoque dans la péninsule antarctique une élévation des températures de surface et une baisse des températures sur le plateau.

L'élimination des SAO résultant des mesures de réglementation imposées par le Protocole de Montréal aura pour conséquence une augmentation des concentrations d'ozone stratosphérique et une diminution du forçage climatique d'origine anthropique créé par ces puissants gaz à effet de serre. Dans la stratosphère, l'augmentation des concentrations de gaz à effet de serre rafraîchit la stratosphère et modifie la circulation, affectant les concentrations d'ozone.

Les interactions entre le changement climatique et l'appauvrissement de l'ozone stratosphérique s'observent non seulement au niveau de leurs mécanismes, mais aussi dans leurs effets sur l'environnement. L'appauvrissement de l'ozone stratosphérique augmente le rayonnement UV de surface, tandis que les changements climatiques augmentent la température de surface et modifient le cycle de formation des nuages et celui des précipitations. La réaction aux modifications du rayonnement UV est altérée par ces effets climatiques, et vice versa. Ainsi, de récentes études ont montré que, pour la même intensité de rayonnement UV, les élévations de température peuvent augmenter le risque de cancer de la peau sans mélanome et que les écosystèmes terrestres et aquatiques sont affectés par les interactions entre l'exposition aux rayonnements UV et les changements climatiques. On ignore encore l'ampleur des conséquences de ces interactions climat-ozone sur la santé, la biodiversité, le fonctionnement des écosystèmes et les effets en retour.

Il est faisable, techniquement et économiquement, d'accélérer l'élimination de la plupart des SAO, de réduire leurs émissions dans bon nombre de leurs applications, et de collecter et détruire une bonne partie des SAO contenues dans les mousses, le matériel de réfrigération et le matériel de climatisation. Grâce à des incitations économiques, un financement adéquat, et l'accès à de nouvelles techniques, il est techniquement et économiquement possible d'éliminer la plupart des applications des HCFC sans passer par l'étape des HFC à potentiel de réchauffement global (PRG) élevé. Il est également faisable techniquement et économiquement de réduire l'utilisation des HFC à PRG élevé dans la climatisation mobile et pour d'autres applications où les SAO ont déjà été éliminées. Les nouvelles mesures de réglementation mises en place pour protéger l'atmosphère vont rapidement inciter à mettre au point de nouvelles technologies.

Les hydrofluorocarbones (HFC)

Les HFC sont utilisés en remplacement des CFC et des HCFC en raison de leur potentiel quasiment nul d'appauvrissement de la couche d'ozone. L'usage des HFC se répand rapidement, de sorte que leur concentration atmosphérique augmente aussi rapidement. De nombreux HFC étant de très puissants gaz à effet de serre, des utilisations et des émissions globales incontrôlées de ces substances pourraient conduire à des émissions qui, selon les projections, pourraient atteindre d'ici 2050 jusqu'à 20 % du volume total des émissions de gaz à effet de serre (pondéré en fonction du PRG).

Selon les projections des futures utilisations de HFC et de HCFC, les concentrations de leurs produits de décomposition atmosphérique dans l'environnement, y compris l'acide trifluoroacétique, devraient rester relativement faibles et ne devraient donc pas comporter de risque important pour la santé humaine, ni avoir d'effets néfastes sur l'environnement.

Le Protocole de Montréal protège la couche d'ozone en définissant le cadre de l'élimination des SAO. Cette élimination a été pour l'essentiel bénéfique pour le climat, mais elle a toutefois été partiellement annulée par le recours aux HFC, qui sont des substances à PRG élevé. Jusqu'à une date récente, peu d'incitations économiques permettaient d'éviter voire éliminer les utilisations et les émissions de HFC pour des applications pour lesquelles il existe des solutions de remplacement meilleures pour l'environnement. Toutefois, des solutions de remplacement à faible PRG pouvant se substituer aux HFC à PRG élevé sont introduites rapidement dans les grandes industries telles que celles des mousses isolantes; la transition sera plus longue dans d'autres secteurs du fait de la durée de vie des produits existants et d'autres considérations économiques et techniques (inflammabilité, toxicité, efficacité énergétique). Choisir la substance ayant le PRG le plus faible n'est peut-être pas toujours la solution optimale du point de vue de l'environnement parce que les émissions de gaz à effet de serre liées à la fabrication industrielle et à la consommation d'énergie du produit dominant souvent l'empreinte carbone du produit tout au long du cycle de vie. De nouvelles technologies se font jour à mesure que des techniques à faible PRG et à forte efficacité énergétique sont commercialisées.

Les considérations qui précèdent font apparaître de nouvelles possibilités pour remédier aux conséquences de l'élimination des SAO sur le climat. On citera ici trois exemples : 1) la Directive de la Commission européenne sur la climatisation mobile et la décision de l'Agence pour la protection de l'environnement des États-Unis d'éliminer le HFC-134a dans les véhicules à moteur climatisés; 2) le Fonds multilatéral offre actuellement 25 % de financement en plus aux projets qui feront l'économie de l'étape des HFC à PRG élevé; 3) plusieurs Parties au Protocole de Montréal ont proposé un amendement qui éliminerait progressivement les HFC grâce à des mesures de réglementation du type habituel. Toute proposition visant à amender le Protocole de Montréal pour éliminer les HFC est de nature à encourager les investissements dans les produits et solutions de remplacement.

Le bromure de méthyle

Le Protocole de Montréal a permis de réglementer avec succès la grande majorité des SAO. Il reste donc assez peu de marge de manœuvre pour accélérer la reconstitution de la couche d'ozone au moyen d'un ajustement au Protocole. Les efforts menés jusqu'à présent ont permis de réduire les concentrations troposphériques de bromure de méthyle (l'une des principales substances qui appauvrissent la couche d'ozone) de 1,9 parties par milliard (environ 20 %, par rapport aux valeurs record observées durant la période 1996-1998). Le bromure de méthyle est l'une des principales substances contribuant aux concentrations de brome stratosphérique; or, en 2008, près de 50 % de la consommation totale de bromure de méthyle concernaient des utilisations non réglementées par le Protocole de Montréal (quarantaine et traitements préalables à l'expédition). Depuis 2007, la consommation pour la quarantaine et les traitements préalables à l'expédition a augmenté sensiblement dans certaines Parties, par suite de l'expansion du commerce international.

Il reste que le bromure de méthyle pourrait être plus strictement réglementé. Entre 20 et 35 % de la consommation mondiale actuelle de bromure de méthyle pour la quarantaine et les traitements préalables à l'expédition pourraient être remplacés par des solutions de remplacement disponibles. Une élimination totale du bromure de méthyle utilisé pour la quarantaine et les traitements préalables à l'expédition aurait des bienfaits immédiats et accélérerait la reconstitution de la couche d'ozone de 1,5 année, selon les estimations. Étant donné que ces utilisations ne sont actuellement pas réglementées par le Protocole, il n'existe ni obligation ni incitation à en limiter l'usage. Malgré tout, certaines Parties ont entièrement éliminé leurs utilisations pour la quarantaine et les traitements préalables à l'expédition, tandis que d'autres ont annoncé leur intention de le faire dans un proche avenir.

Les points saillants des trois rapports des Groupes d'évaluation sont présentés ci-dessous.

Points saillants des trois rapports des Groupes d'évaluation

Points saillants de l'évaluation scientifique

Ayité-Lô Ajavon, Christine A. Ennis, Paul A. Newman, John A. Pyle et A. R. Ravishankara

I. Le succès du Protocole de Montréal

Le Protocole de Montréal continue de parvenir avec succès à réduire la concentration globale de substances qui appauvrissent la couche d'ozone (SAO) dans l'atmosphère

- Le chlore atmosphérique total provenant des SAO continue de baisser depuis sa valeur record, atteinte dans les années 90, tant dans la troposphère que dans la stratosphère. Dans la troposphère, le chlore total a baissé de 8 % par rapport à sa valeur record de 3,7 parties par milliard (ppb).
- L'élimination des chlorofluorocarbones (CFC) présents dans l'atmosphère apporte désormais la plus large contribution à la baisse du chlore total, le méthylchloroforme, à brève durée de vie, ayant été largement éliminé de l'atmosphère. Les concentrations de tétrachlorure de carbone ont baissé moins vite que prévu, sans que l'on en comprenne bien toutes les raisons.
- Les SAO entièrement bromés, y compris les halons, sont en déclin dans la basse atmosphère et ont cessé d'augmenter dans la stratosphère. Les concentrations de halons-1211 sont également en baisse.
- Les concentrations troposphériques de la plupart des hydrofluorocarbones (HFC) et des hydrochlorofluorocarbones (HCFC) augmentent rapidement par suite du remplacement des CFC par ces substances et de la croissance économique.
- Dans la basse atmosphère, les concentrations de chlore ont baissé plus lentement que ne le laissaient prévoir la réduction des émissions et l'élimination des SAO de l'atmosphère, du fait de l'augmentation des émissions de HCFC, auxquelles viennent s'ajouter les rejets de CFC « en réserve » dans le matériel et les mousses en circulation.

Le Protocole de Montréal protège la couche d'ozone

- La perte d'ozone aux latitudes moyennes et globalement s'est stabilisée. Aux latitudes moyennes, la moyenne annuelle de la colonne d'ozone total dans l'hémisphère Nord et dans l'hémisphère Sud sur la période 2006-2009 est restée la même que sur la période 1996-2005, à savoir de 6 % et 3,5 %, respectivement, au-dessous de la moyenne sur la période 1964-1980.

- Chaque année, le trou d'ozone continue de réapparaître au printemps au-dessus de l'Antarctique, accompagné de variations d'une année sur l'autre correspondant aux variations des conditions météorologiques. En octobre, la colonne d'ozone moyenne au sein du vortex a été d'environ 40 % inférieure à sa valeur de 1980, au cours des 15 dernières années. Bien que les concentrations de SAO au sein du vortex aient légèrement diminué, la colonne d'ozone au printemps dans l'Antarctique ne fait guère apparaître d'augmentation significative sur le plan statistique.
- La perte d'ozone dans l'Antarctique, en hiver et au printemps, entre 2007 et 2010, a été variable, tout en restant dans une fourchette comparable à ses valeurs depuis les années 90. Par suite de variations météorologiques naturelles, on s'attend à ce que l'ozone, lors du printemps arctique, présente d'importantes variations d'une année sur l'autre. Les variations météorologiques naturelles, alliées à une valeur élevée du chlore effectif total résultant des émissions anthropiques, conduisent occasionnellement à d'importantes pertes d'ozone.

Le Protocole de Montréal est aussi bénéfique pour le climat, puisque de nombreuses SAO sont également des gaz à effet de serre

- S'agissant du climat, la baisse des émissions de SAO pondérée par le PRG, sur 100 ans, obtenue grâce au Protocole de Montréal équivaut à une réduction des émissions de dioxydes de carbone (CO₂) cinq fois plus importante que l'objectif visé au cours de la première période d'engagement du Protocole de Kyoto.

L'impact du trou d'ozone dans l'Antarctique sur le climat de surface apparaît à l'évidence

- Dans l'hémisphère Sud, le trou d'ozone dans l'Antarctique, qui est à ce jour le plus large appauvrissement de la couche d'ozone jamais observé, a entraîné, dans la troposphère, un déplacement du régime des vents vers le Sud.
- Par suite de l'appauvrissement de l'ozone polaire, le climat de surface s'est réchauffé au-dessus de la péninsule arctique et rafraîchi au-dessus du haut plateau.

La couche d'ozone et le rayonnement UV de surface réagissent comme prévu aux réductions de SAO obtenues grâce au Protocole de Montréal

- Ces dix dernières années, la couche d'ozone s'est stabilisée, tant à l'échelle du globe que dans l'Arctique et l'Antarctique (ce qui signifie qu'elle a cessé de s'appauvrir mais n'a pas encore commencé à se reconstituer). Actuellement, les quantités d'ozone continuent de fluctuer d'une année sur l'autre.
- Aux latitudes moyennes, le rayonnement UV de surface est resté quasiment constant au cours de la décennie écoulée, tandis que dans l'Antarctique une intensification importante du rayonnement UV est observée au printemps, lorsque réapparaît le trou d'ozone.

II. L'avenir des SAO, leurs produits de remplacement et la couche d'ozone

Les concentrations atmosphériques de HCFC et de HFC augmentent dans la basse atmosphère, tendance qui devrait se poursuivre dans l'immédiat

- Les concentrations atmosphériques de HFC continuent d'augmenter; ainsi, les concentrations de HFC-134a ont augmenté d'environ 10 % au cours des récentes années.
- Les concentrations atmosphériques de HCFC devraient commencer de baisser au cours de la prochaine décennie par suite des mesures de réglementation supplémentaires convenues en 2007 dans le cadre du Protocole de Montréal.

En parvenant avec succès à réglementer les émissions de SAO, le Protocole de Montréal est parvenu à protéger la couche d'ozone d'un appauvrissement beaucoup plus important

- Globalement, la couche d'ozone devrait recouvrer son niveau de 1980 avant le milieu du siècle.
- Le trou d'ozone dans l'Antarctique persistera au-delà de la moitié du siècle.

III. Le climat, la composition de l'atmosphère et la couche d'ozone : actualité et avenir

Les HFC et HCFC utilisés en remplacement des CFC contribuent aux concentrations atmosphériques de gaz à effet de serre

- Les HFC ajoutent actuellement environ 0,4 gigatonnes d'équivalent CO₂ par an au total des émissions globales en équivalent CO₂; cette augmentation se poursuit au rythme de 8 % par an.
- Les projections de la croissance des HFC dans les scénarios ne prévoyant pas de mesures de réglementation donnent à penser que, d'ici le milieu du siècle, les émissions provenant des HFC, pondérées en fonction du PRG, pourraient être comparables aux émissions de CFC, pondérées en fonction du PRG, lorsqu'elles avaient atteint leur niveau record en 1988.
- Les HCFC contribuent pour environ 0,7 gigatonnes d'équivalent CO₂ par an; cette contribution devrait commencer de décroître au cours de la prochaine décennie en raison de l'élimination accélérée des HCFC convenue par les Parties en 2007.

La couche d'ozone et le changement climatique sont indissolublement liés

- Au cours des prochaines décennies, la réduction des SAO obtenue grâce au Protocole de Montréal sera le facteur dominant dans la reconstitution de la couche d'ozone. À mesure que diminueront les SAO, les changements climatiques et autres facteurs gagneront en importance pour l'avenir de la couche d'ozone.
- D'ici la fin du siècle, les changements climatiques seront le facteur dominant dans l'avenir de la couche d'ozone, à supposer que le Protocole de Montréal continue d'être appliqué.
- Le refroidissement de la stratosphère causé par les changements climatiques hâtera le retour de l'ozone global ainsi que de l'ozone au printemps au-dessus de l'Arctique à ses niveaux de 1980, les projections indiquant que ce retour pourrait se faire entre 2025 et 2040.
- Les modèles indiquent que l'augmentation des gaz à effet de serre tels que le dioxyde de carbone (CO₂) et le méthane (CH₄) accéléreront la circulation stratosphérique Brewer-Dobson, ce qui pourrait avoir d'importantes incidences sur la colonne d'ozone.
- Les concentrations d'ozone pourraient même, à l'échelle du globe, aux latitudes moyennes, voire dans l'Arctique, dépasser leurs niveaux de 1980, lorsque l'appauvrissement de la couche d'ozone était infime.
- Le trou d'ozone dans l'Antarctique est beaucoup moins influencé par les changements climatiques que d'autres zones du globe; les SAO seront le facteur décisif dans la disparition du trou d'ozone, qui, selon les projections actuelles, devrait intervenir durant la deuxième moitié du siècle.
- L'oxyde nitreux (N₂O) est connu pour appauvrir la couche d'ozone et réchauffer le climat. Les émissions anthropiques actuelles d'oxyde nitreux, pondérées par leur potentiel de destruction de l'ozone (PDO), sont supérieures à celles de n'importe quelle autre SAO et devraient rester les émissions dominantes dans l'appauvrissement de la couche d'ozone dominantes au cours de ce siècle.
- Les injections délibérées de composés du soufre dans la stratosphère, suggérées comme moyen d'intervention sur le climat (géo-ingénierie), pourraient avoir d'importants effets imprévus sur la couche d'ozone.

IV. Les choix politiques en matière de SAO

Une nouvelle limitation des futures émissions de SAO avancerait la reconstitution de la couche d'ozone de quelques années

- Les rejets de CFC et de halons en réserve sont actuellement la source la plus importante d'émissions pondérées par le PDO. Un retard de quatre ans (de 2011 à 2015) dans la capture et la destruction des CFC et des halons en réserve reviendrait à réduire d'environ 30 % les bienfaits pour l'ozone et le climat.
- Si toutes les émissions de SAO étaient éliminées après 2010, le retour du chlore et du brome stratosphériques à leurs niveaux de 1980 serait accéléré d'environ 13 ans (de 2046 à 2033) et une telle mesure aurait aussi des bienfaits sur le climat. Si les émissions du bromure

de méthyle utilisé pour la quarantaine et les traitements préalables à l'expédition étaient éliminées, la reconstitution de la couche d'ozone s'en trouverait accélérée d'environ 1,5 année.

Points saillants de l'évaluation des effets sur l'environnement

Janet F. Bornman, Nigel D. Paul et Xiaoyan Tang

Le Protocole de Montréal a permis d'empêcher que l'appauvrissement de la couche d'ozone ait un impact à grande échelle sur l'environnement, en particulier une intensification du rayonnement UV dommageable pour la santé humaine et les écosystèmes. L'augmentation des brûlures (érythème) de la peau sous l'effet du rayonnement UV-B résultant d'un appauvrissement de la couche d'ozone a été limitée hors des régions affectées par le trou d'ozone au-dessus de l'Antarctique. Grâce au Protocole de Montréal, une augmentation majeure de ces types de cancer qui aurait résulté d'un appauvrissement incontrôlé de la couche d'ozone a pu être évitée. Une réduction importante de la croissance et de la productivité des végétaux et des organismes aquatiques, et donc une modification importante du cycle global du carbone, a également pu être évitée.

L'état actuel des connaissances

- Les effets du rayonnement UV-B sur la santé sont bien connus : une incidence accrue des cancers de la peau, de la cataracte et du mélanome de l'œil, et un affaiblissement de l'immunité face à certaines maladies; mais aussi la synthèse de la vitamine D dans la peau. La nécessité de trouver un juste équilibre entre l'exposition au rayonnement UV-B requise pour permettre une production suffisante de vitamine D, tout en réduisant au minimum les risques de cancer de la peau et de maladies oculaires, apparaît à l'évidence pour un éventail de conditions d'exposition au rayonnement UV. Le public doit être dûment informé du résultat des recherches menées dans ce domaine.
- Compte tenu de l'utilisation actuelle et prévue des HFC et des HCFC, les concentrations environnementales d'acide trifluoroacétique, produit de décomposition de ces substances, devraient rester faibles selon les prévisions actuelles et donc ne poser aucun risque majeur pour la santé humaine ou l'environnement. Certains produits de remplacement tels que le fluorure de sulfuryle, agent de fumigation proposé en remplacement du bromure de méthyle, ainsi que toute une gamme de produits de décomposition des produits de remplacement sont toxiques. Les risques qu'ils posent dans des conditions d'utilisation normales devront être examinés lors d'évaluations techniques de leurs utilisations à venir.
- Malgré les succès remportés par le Protocole de Montréal, une intensification sensible du rayonnement UV-B a été observée aux latitudes élevées de l'hémisphère Sud, où l'appauvrissement de la couche d'ozone a été la plus conséquente. Dans ces régions, les résultats de nombreuses études sur le terrain ont montré qu'une intensification du rayonnement UV-B réduisait la productivité des plantes terrestres d'environ 6 % aux alentours de 50° parallèle Sud. Il est également démontré que le rayonnement UV-B a des effets nocifs sur un grand nombre d'organismes aquatiques.

Prévisions et interactions

- Une analyse de l'incidence des cancers de la peau montre un effet prédominant du rayonnement UV ainsi qu'une importante influence de la température. Pour la même intensité de rayonnement UV, chaque degré Celsius supplémentaire peut entraîner entre 3 et 6 % d'augmentation de l'incidence du cancer de la peau sans mélanome. Une intensification du rayonnement UV-B, alliée à d'autres facteurs environnementaux tels que l'élévation des températures et l'humidité, pourrait augmenter l'incidence de certaines maladies infectieuses, bien que l'on ne dispose encore que de données limitées à l'appui de cette hypothèse.
- Les écosystèmes réagiront aux nouvelles combinaisons de facteurs environnementaux résultant de l'interaction entre l'augmentation des concentrations atmosphériques de CO₂, les changements climatiques et le rayonnement UV, y compris l'atténuation des effets négatifs du rayonnement UV dans certaines régions, à mesure que la colonne d'ozone totale se reconstituera. Ainsi, dans les écosystèmes terrestres, une sécheresse modérée pourrait réduire la sensibilité des végétaux au rayonnement UV; toutefois, la diminution des précipitations et l'élévation des températures prévues dans certaines régions entreront en synergie avec les effets du rayonnement UV pour réduire la croissance des végétaux. Même avec la reconstitution prévue de la colonne d'ozone total, l'exposition des organismes au rayonnement UV dans de nombreux écosystèmes sera accrue du fait de l'allègement de la

couverture nuageuse et d'un appauvrissement de la couverture végétale résultant de l'aggravation prévue de l'aridité et de la déforestation.

- Les changements climatiques aggraveront probablement les effets néfastes du rayonnement UV-B sur de nombreux organismes aquatiques. L'élévation prévue des températures modifiera l'exposition de ces organismes au rayonnement UV en diminuant leur répartition en profondeur. Le déversement accéléré des matières organiques dissoutes dans les nappes d'eau ainsi que la décomposition de ces matières organiques sous l'effet du rayonnement UV modifieront la transparence de l'eau. L'acidification des mers et des océans résultant de l'augmentation des concentrations atmosphériques de CO₂ pourrait aussi rendre certains organismes aquatiques plus vulnérables au rayonnement UV-B.
- Les modifications qu'auront les interactions entre la réaction des organismes aux changements climatiques et aux futures modifications du rayonnement UV sur la biodiversité, du fonctionnement des écosystèmes et la réaction en retour sur les changements climatiques induites par les interactions entre les effets des changements climatiques et du rayonnement UV sur les organismes n'ont pas encore été pleinement quantifiées; on s'attend toutefois à ce que ces modifications varient sensiblement d'une région à l'autre. Cela étant, le cycle du carbone dans les écosystèmes terrestres et aquatiques devrait être affecté. L'équilibre entre les effets positifs et négatifs sur le cycle du carbone terrestre reste incertain; toutefois, on est quasiment sûr que les interactions entre le rayonnement UV et les changements climatiques contribueront à réduire la fixation du CO₂ dans beaucoup d'écosystèmes aquatiques. Les interactions entre le rayonnement UV et les changements climatiques qui affectent le cycle des éléments, tels que l'azote et les halogènes, influenceront également sur les concentrations de gaz à effet de serre et de gaz qui appauvrissent la couche d'ozone d'origine naturelle, ainsi que sur la chimie environnementale de nombreux contaminants.
- Le rayonnement UV est l'un des facteurs régissant la formation du smog photochimique qui comprend l'ozone troposphérique et les aérosols; il est aussi à l'origine de la formation des radicaux hydroxyles qui contrôlent la quantité atmosphérique de nombre de gaz qui influent sur le climat et sur l'ozone. Les effets nets des futures modifications du rayonnement UV, des conditions météorologiques et des émissions anthropiques (en particulier les émissions d'oxyde nitreux et de composés organiques volatiles) sur les radicaux hydroxyles, l'ozone troposphérique et les aérosols dépendront des conditions locales, posant des défis pour l'établissement de prévisions et la gestion de la qualité de l'air.
- S'agissant des matériaux de construction, une élévation des températures accélère la dégradation des plastiques et du bois sous l'effet du rayonnement UV induit, raccourcissant la durée de vie utile de ces matériaux à l'extérieur. Toutefois, il existe des techniques permettant de stabiliser les polymères et donc d'atténuer, au moins partiellement, les dommages causés à certains types de plastiques d'utilisation courante.

Points saillants de l'évaluation technique et économique

Stephen O. Andersen, Lambert J. M. Kuijpers et Marta Pizano

Le Protocole de Montréal fonctionne. À mesure que les SAO sont éliminées dans de nombreuses applications dans le monde entier, on constate des progrès dans tous les secteurs, qu'il s'agisse de la consommation comme des secteurs commercial, industriel et militaire. Toutefois,

1. Certains inhalateurs-doseurs et certaines utilisations en laboratoire et à des fins d'analyse continuent de dépendre de la production de nouvelles SAO autorisées au titre des dérogations pour utilisations essentielles.
2. Certaines applications pour la protection contre les incendies, la réfrigération et la climatisation ainsi que d'autres applications d'ordre mineur continuent de dépendre de SAO en réserve ou recyclées.
3. Les SAO dont la production n'est pas réglementée continuent d'augmenter pour leurs utilisations comme produits intermédiaires et pour la quarantaine et les traitements préalables à l'expédition.
4. Les rejets dans l'atmosphère de SAO en réserve indésirables se poursuivent, appauvrissant l'ozone stratosphérique et forçant le changement climatique.
5. Les HFC, qui sont des gaz à effet de serre à PRG élevé, continuent de remplacer les SAO dans certains secteurs, en particulier la réfrigération, la climatisation et l'isolation thermique par les mousses, lorsqu'il n'existe pas de solutions ou de produits de remplacement à faible PRG.

Il est faisable techniquement et économiquement tant dans les Parties visées à l'article 5 que dans les Parties non visées à cet article :

- De collecter et détruire certains excédents de SAO qui ne sont pas nécessaires pour les utilisations importantes.
- De réduire les émissions de SAO et des HFC utilisés en remplacement des SAO dans les secteurs de la réfrigération, de la climatisation et de la protection contre l'incendie.
- D'éliminer plus rapidement les HCFC et d'éviter largement le recours à des substances à PRG élevé dans le nouveau matériel de réfrigération et de climatisation.

Sous réserve que des fonds soient disponibles à cet effet, les Parties visées à l'article 5 peuvent aller au-delà des mesures de réglementation prévues et éliminer progressivement les HFC à PRG élevé dans des applications telles que la climatisation mobile, puisque les SAO ont été complètement éliminées des nouveaux véhicules; ceci permettrait aussi d'améliorer l'efficacité énergétique dans les secteurs de la réfrigération, de la climatisation et des mousses en ayant pour corollaire la prospérité à long terme, du fait d'un abaissement des coûts.

Il existe des technologies qui permettraient de faire l'économie des HFC à PRG élevé dans certaines applications, ce qui permettrait d'éviter une deuxième transition pour s'éloigner des HFC ainsi que les complications résultant de stocks de plus en plus vastes de matériel contenant des HFC dont l'entretien exigerait des HFC qui pourraient s'avérer coûteux voire difficilement disponibles. Un financement adéquat sera nécessaire pour les Parties visées à l'article 5 et des incitations à l'adoption de nouvelles mesures de réglementation seront nécessaires pour les Parties non visées à l'article 5.

La possibilité de détruire les réfrigérants indésirables s'éloigne à mesure que le matériel concerné arrive à la fin de sa durée de vie, rejetant des SAO dans l'environnement. Dans la plupart des pays développés comme en développement, il n'existe pas d'incitations et d'infrastructures économiques pertinentes. Pourtant, les co-avantages pour la protection de l'ozone et du climat de la collecte et de la destruction des SAO dépasse les dépenses engagées, puisque :

- La collecte et la destruction ne sont pas profitables en l'absence de paiement pour les bienfaits environnementaux.
- La collecte et la destruction seraient hautement profitables si les entreprises étaient payées pour leur contribution à la protection de l'ozone et du climat; toutefois, aucune incitation économique n'est disponible, dans ces deux cas, dans la plupart des pays.
- Il serait contre-productif d'obliger à collecter et détruire les SAO sans mesure d'incitation, car les propriétaires pourraient dans ce cas autoriser les rejets de SAO qui pourraient autrement s'avérer disponibles pour être détruites contre paiement.

Les mousses

Les HFC non saturés (HFO) pourraient être commercialisés plus tôt que prévu (2013-2015). Des évaluations préliminaires font apparaître une meilleure performance thermique que les HFC saturés. Toutefois, leur adoption généralisée exigerait une nouvelle validation de leur performance comme de leur coût. Des méthodes d'isolation thermique ne faisant pas appel à des substances chimiques sont disponibles sur le marché. Les initiatives volontaires de constructions « vertes », la divulgation de l'énergie utilisée par les bâtiments et les incitations réglementaires poussent inexorablement l'innovation dans la conception des bâtiments, l'isolation thermique et les technologies visant à remplacer les mousses contenant des SAO et des gaz à effet de serre.

Les halons

Les stocks de halons 1211 et 1301 seront sans doute utilisés pour répondre à la demande connue, dans un proche avenir, bien que les stocks ne soient pas distribués de manière égale entre les différentes régions. L'Organisation de l'aviation civile internationale (OACI) a approuvé un calendrier visant à remplacer les halons sur les nouveaux aéronefs dans les poubelles des toilettes, les extincteurs portatifs, les nacelles des moteurs et les groupes électrogènes auxiliaires. La protection des soutes à marchandise reste un défi pour lequel il n'existe par actuellement de solution acceptable; toutefois, les recherches dans ce domaine se poursuivent.

Les applications médicales

Des progrès notables ont été faits dans le monde entier pour assurer la transition à des inhalateurs-doseurs sans CFC en vue d'éliminer les SAO et d'autres aérosols médicaux, ainsi que pour assurer la transition à des méthodes de stérilisation ne faisant pas appel à des SAO.

Des solutions de remplacement satisfaisantes sur le plan technique pour remplacer les inhalateurs-doseurs contenant des CFC sont désormais disponibles dans la quasi-totalité des pays, couvrant toutes les principales catégories de médicaments utilisés pour le traitement de l'asthme et des maladies pulmonaires obstructives chroniques.

Une approche de précaution à la production de CFC pour la fabrication d'inhalateurs-doseurs est conseillée, puisque la transition se fait rapidement. Il pourrait être possible de mener à terme l'élimination des inhalateurs-doseurs contenant des CFC en gérant soigneusement les stocks de CFC existants, à condition que la production de CFC de qualité pharmaceutique soit soigneusement gérée.

Le bromure de méthyle

Au total, 88 % des utilisations réglementées du bromure de méthyle ont été éliminées. Toutefois, le recours plus fréquent au bromure de méthyle pour la quarantaine et les traitements préalables à l'expédition, qui ne sont pas réglementés par le Protocole de Montréal, remet en cause les acquis de la diminution des utilisations réglementées de cette substance pour le traitement des sols, des structures et des marchandises. Une partie de cette augmentation est imputable aux traitements des sols avant la plantation dans les pépinières où se pratique la multiplication.

Le Groupe de l'évaluation technique et économique estime qu'à l'aide des solutions et produits de remplacement actuellement disponibles, on pourrait remplacer entre 22 et 33 % de la consommation globale de bromure de méthyle pour la quarantaine et les traitements préalables à l'expédition.

Certaines Parties ont complètement cessé d'utiliser du bromure de méthyle, y compris pour la quarantaine et les traitements préalables à l'expédition; d'autres Parties ont annoncé leur intention de cesser prochainement d'utiliser du bromure de méthyle au titre des dérogations à cette fin.

Les Parties visées à l'article 5 ont réduit leur consommation de bromure de méthyle de près de 80 % par rapport à leurs données de référence, bien en avance par rapport au calendrier d'élimination; toutefois, de nouveaux efforts sont encore nécessaires pour respecter le délai prévu pour l'élimination totale, à savoir 2015.

Il existe des techniques de remplacement pour la quasi-totalité des utilisations réglementées du bromure de méthyle; l'élimination des utilisations du bromure de méthyle qui subsistent encore dépendra pour une bonne part de l'homologation de plusieurs importantes solutions de remplacement chimiques, et des mesures de réglementation qui s'y appliquent (à savoir le 1,3-dichloropropène, la chloropicrine, l'iodure de méthyle et le fluorure de sulfure) et des incitations prévues pour encourager l'adoption de solutions non chimiques et la gestion intégrée des ravageurs.

Réfrigération, climatisation et pompes à chaleur

Des techniques sont disponibles dans le monde entier pour éliminer les SAO et éviter les HFC à PRG élevé utilisés comme réfrigérants; cependant, à l'échelle régionale et locale, ces choix sont influencés par les lois et règlements en vigueur, les normes, la situation économique, la concurrence sur le marché, ainsi que divers autres facteurs.

Depuis l'évaluation de 2006, plus de 60 nouveaux réfrigérants ou mélanges de réfrigérants ont été introduits sur le marché pour utilisations soit dans les nouveaux équipements soit comme fluides de service pour assurer l'entretien ou la conversion du matériel existant; vu les préoccupations que suscitent actuellement les changements climatiques, de nouveaux équipements vont être constamment mis au point. Dans la plupart des secteurs, les HFC et les solutions ne faisant pas appel à des substances chimiques fluorées sont désormais les solutions privilégiées, l'accent étant mis sur l'optimisation de l'efficacité énergétique et la réduction des émissions de réfrigérants à fort PRG.

Les solutions de remplacement du HCFC-22 sont : les HFC à moindre PRG (HFC-32, HFC-152a, HFC-161, HFC-1234yf et autres substances chimiques fluorées non saturées ainsi que leurs mélanges) utilisés comme réfrigérants, les hydrocarbures (HC-290) et le dioxyde de carbone (R-744). Les hydrocarbures et les HFC utilisés comme réfrigérants, qui sont inflammables, devront être utilisés dans le respect des normes de sécurité appropriées.

En Europe et au Japon, les hydrocarbures (HC) et le R-744 gagnent des parts de marché dans le secteur du matériel de réfrigération autonome en remplacement du HFC-134a, qui reste la solution privilégiée dans la plupart des autres pays. Dans de nombreux pays développés, le R-404A et le R-507A sont les principaux produits de remplacement du HCFC-22 dans les supermarchés; toutefois, vu leur PRG élevé, un certain nombre d'autres solutions sont actuellement introduites. En Europe, dans les systèmes à deux étages, le R-744 est utilisé à basse température et le HFC-134a, le R-744 et les HC aux températures moyennes.

Dans la climatisation à circuit d'air, les mélanges de HFC, principalement de R-410A, sont la solution de remplacement dominante à court terme pour les climatiseurs à air utilisant du HCFC-22. Le HC-290 est également utilisé pour remplacer le HCFC-22 dans les climatiseurs bloc à faible charge, les systèmes montés sur fenêtre et les systèmes portatifs dans certains pays.

Les fabricants et fournisseurs d'automobiles ont évalué les réfrigérants à faible PRG pour les climatiseurs utilisés sur les nouvelles voitures et les nouveaux camions, y compris le R-744 (PRG=1), le HFC-152a (PRG=133) et le HFC-1234yf (PRG=4). Aux États-Unis, en Europe et au Japon, les associations de fabricants automobiles ont porté leur choix sur le HFC-1234yf, tout comme la seule compagnie à annoncer le choix d'un réfrigérant (General Motors). Aux États-Unis, le HFC-152a et le HFC-1234yf sont inscrits au programme sur les solutions de remplacement (programme SNAP – Significant New Alternative Policy) de l'Agence nationale pour la protection de l'environnement comme solution de remplacement acceptable du point de vue de l'environnement.
