



Programme des Nations Unies pour l'environnement

Distr.
GÉNÉRALE

UNEP/OzL.Pro/ExCom/94/63

29 avril 2024

FRANÇAIS
ORIGINAL : ANGLAIS

COMITÉ EXÉCUTIF DU FONDS MULTILATÉRAL AUX FINS D'APPLICATION DU PROTOCOLE DE MONTRÉAL

Quatre-vingt-quatorzième réunion

Montréal, 27-31 mai 2024

Point 13 de l'ordre du jour provisoire¹

DOCUMENT EVALUANT COMMENT LES ACTIVITES D'ELIMINATION DES HCFC ET DE REDUCTION PROGRESSIVE DES HFC SOUTENUES PAR LE FONDS MULTILATERAL SONT SUSCEPTIBLES DE CONTRIBUER AU REFROIDISSEMENT DURABLE (DECISION 92/1(b))

Contexte

1. À la 92^e réunion, un membre du Comité exécutif a présenté un projet de décision priant le Secrétariat d'étudier certains des plans d'action nationaux en matière de refroidissement élaborés par les pays et de préparer un document évaluant comment les activités d'élimination des HCFC et de réduction progressive des HFC soutenues par le Fonds multilatéral pourraient contribuer au refroidissement durable et au confort thermique. Le besoin de refroidissement, a-t-il affirmé, est une question multi-sectorielle qui est essentielle à la croissance économique et qui s'accompagne à la fois de défis et d'opportunités en termes d'efficacité énergétique et de transition entre les frigorigènes. Une grande partie du besoin de refroidissement multi-sectoriel a été satisfaite avec des technologies de réfrigération et de climatisation (RAC) utilisant un frigorigène présentant un potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone (PAO) ou un potentiel de réchauffement de la planète (PRP). De ce fait, le rôle essentiel du Fonds multilatéral dans l'aide apportée aux pays visés à l'article 5 pour passer à des solutions de remplacement respectueuses du climat est particulièrement pertinent. Suite aux délibérations, le Comité exécutif a chargé le Secrétariat de préparer, en vue d'un examen par le Comité exécutif à la 94^e réunion, un document évaluant comment les activités d'élimination des HCFC et de réduction progressive des HFC soutenues par le Fonds multilatéral sont susceptibles de contribuer au refroidissement durable (décision 92/1(b)).

2. Durant la préparation du présent document, le Secrétariat a consulté des experts techniques des technologies de refroidissement durable dans les applications de réfrigération, de climatisation et de pompe à chaleur (RACHP). De plus, dans le but d'étudier la manière dont la réduction progressive des HFC est susceptible de contribuer aux émissions directes et indirectes de gaz à effet de serre (GES) dans les pays

¹ UNEP/OzL.Pro/ExCom/94/1.

visés à l'article 5², le Secrétariat a analysé les données figurant dans le rapport Surveillance du refroidissement mondial 2023 du PNUE³ ; a examiné des plans nationaux en matière de refroidissement, notamment le récapitulatif des plans d'action nationaux en matière de refroidissement (NCAP) soutenu par le PNUD et des rapports similaires sur le refroidissement établis au niveau des pays ; et a consulté l'évaluation de 2022 du Comité des choix techniques pour la réfrigération, la climatisation et les pompes à chaleur (évaluation de 2022 du RTOC). Enfin, le Secrétariat a recueilli les contributions des agences bilatérales et d'exécution.

3. En plus de décrire les aspects du refroidissement durable et les secteurs correspondants couverts au titre du financement du Fonds multilatéral, le présent document examine les répercussions des activités d'élimination des HCFC et de réduction progressive des HFC sur l'atteinte d'un refroidissement durable, analyse les émissions directes et indirectes ainsi que les futures tendances résultant des besoins de refroidissement, et présente ce qui pourrait être fait concernant le refroidissement durable dans le cadre des plans de gestion de l'élimination des HCFC (PGEH) et des plans de mise en œuvre de l'Amendement de Kigali pour les HFC (KIP).

Aspects liés au refroidissement durable⁴

4. Le refroidissement durable consiste à assurer une réfrigération et un refroidissement de confort dans la chaîne du froid, en réduisant autant que possible les émissions directes et indirectes de GES et autres incidences néfastes pour l'environnement, à l'aide de technologies abordables, réalisables sur le plan technique et économique, et transposables d'une échelle à l'autre. En général, le bénéfice le plus important de la mise en œuvre du refroidissement durable est la réduction de la consommation d'énergie requise pour atteindre un même niveau de refroidissement, notamment en passant par un rajustement des besoins en refroidissement. Le refroidissement durable peut aussi englober des interventions au-delà du choix et de l'utilisation des technologies de refroidissement et inclure la mise au rebut des frigorigènes de manière responsable. Le refroidissement durable contribue aux objectifs de développement durable (ODD) 2, 3, 4, 8, 9, 10, 11 et 12⁵.

Secteurs couverts au titre du financement du Fonds multilatéral en lien avec le refroidissement durable

² Les émissions directes de GES sont estimées d'après la consommation de HCFC, comme le préconise le Protocole de Montréal ; les émissions indirectes, quant à elles, sont estimées d'après les niveaux de consommation d'énergie de différents équipements et l'intensité de carbone de la source d'énergie alimentant ces équipements.

³ [Surveillance du refroidissement mondial 2023 | PNUE - Programme des Nations unies pour l'environnement](#), (« Garder la tête froide - Comment répondre aux demandes de refroidissement tout en réduisant les émissions »).

⁴ Dans le rapport Surveillance du refroidissement mondial 2023, le refroidissement durable est défini comme un ensemble de technologies et d'approches du refroidissement accessibles, abordables et transposables mais réduisant autant que faire se peut les répercussions sur la population et la planète, notamment via une forte réduction des émissions de GES. Le refroidissement durable peut aller au-delà des émissions directes de frigorigènes et de la consommation d'énergie associée à l'utilisation des équipements de refroidissement. Il peut englober un recours minimal aux ressources naturelles lors de la construction des bâtiments, l'utilisation de matériaux de construction durables et d'autres interventions de ce type. Pour les besoins du présent document, ces interventions ne sont pas étudiées plus avant en raison du manque de connexion avec la mise en œuvre du Protocole de Montréal.

⁵ **ODD2** : éliminer la faim, assurer la sécurité alimentaire, améliorer la nutrition et promouvoir une agriculture durable ; **ODD3** : donner aux individus les moyens de vivre une vie saine et promouvoir le bien-être à tous les âges ; **ODD4** : veiller à ce que tous puissent suivre une éducation de qualité dans des conditions d'équité et promouvoir les possibilités d'apprentissage tout au long de la vie ; **ODD8** : promouvoir une croissance économique soutenue, partagée et durable, le plein emploi productif et un travail décent pour tous ; **ODD9** : mettre en place une infrastructure résiliente, promouvoir une industrialisation durable qui profite à tous et encourager l'innovation ; **ODD10** : réduire les inégalités entre les pays et en leur sein ; **ODD11** : faire en sorte que les villes et les établissements humains soient ouverts à tous, sûrs, résilients et durables ; **ODD12** : établir des modes de consommation et de production durables.

5. Pendant plus de trente ans, des activités d'élimination des SAO ont été déroulées avec l'appui du Fonds multilatéral pour différentes applications RACHP. On peut citer par exemple les réfrigérateurs domestiques ; la réfrigération commerciale, la réfrigération industrielle et le transport frigorifique ; la climatisation résidentielle, commerciale et mobile ; ou appareils de refroidissement. Les projets visaient principalement la reconversion des frigorifères et la reconversion des mousses isolantes à des technologies de remplacement.

6. Les applications basées sur des HFC et la consommation de HFC dans ces applications ont augmenté. En outre, de nouvelles applications susceptibles d'augmenter la consommation de HFC (centres de données ou sèche-linges par exemple) apparaîtront un jour⁶. Durant la réduction progressive des HFC, ces applications consommant des HFC seront abordées en fonction de la structure industrielle du pays et des tendances de la consommation de HFC au niveau national, ainsi que des politiques et lignes directrices approuvées par le Comité exécutif. On s'attend à une reconversion à des technologies de remplacement, et les interventions pourraient consister à empêcher la consommation de croître dans ces applications, ou bien à offrir une assistance en vue d'une reconversion à une solution de remplacement.

Incidence des activités d'élimination des HCFC et de réduction progressive des HFC sur l'atteinte d'un refroidissement durable

7. Pendant plus de trente ans, le Fonds multilatéral a soutenu des interventions dans le secteur RAC et le secteur des mousses qui ont permis de basculer vers des technologies de refroidissement plus respectueuses de l'environnement. Ces activités ont non seulement permis à l'industrie de se reconvertir à des solutions de remplacement respectueuses de la couche d'ozone, mais l'ont également aidé, en particulier les petites et moyennes entreprises (PME) et les entreprises du secteur de l'entretien des équipements RAC, à gérer sa transition vers ces technologies de remplacement en toute sécurité tout en assurant la continuité des opérations. De plus, les activités de vulgarisation et de sensibilisation destinées à différentes parties prenantes et accompagnées par le Fonds multilatéral ont permis d'adopter des technologies respectueuses de l'environnement.

8. Un récapitulatif des observations importantes tirées de l'expérience acquise lors de la mise en œuvre des PGEH est donné ci-après.

Observations concernant la fabrication

- (a) L'approche employée par les PGEH et autres projets d'élimination des SAO était centrée sur l'atteinte d'objectifs de conformité⁷ définis pour chaque substance concernée. Ces plans de mise en œuvre étaient déclinés en objectifs annuels avec différentes échéances (par exemple, la phase I des PGEH des pays ne faisant pas partie des pays à faible volume de consommation de SAO [PFV] était focalisée sur l'atteinte de l'objectif d'élimination de 2015). Même si les plans visant à éliminer les HCFC sur le long terme ont été pris en compte lors de l'élaboration de la stratégie globale d'élimination de chaque pays, ce sont les objectifs de réduction de la consommation et de mise en conformité pour chacune des échéances spécifiées qui ont servi de fondement au soutien financier des projets.
- (b) La priorité de la mise en œuvre des PGEH en termes de substances était l'élimination du HCFC-141b utilisé comme solvant et agent de gonflage dans les mousses. En effet, d'une part, son PRP était supérieur à celui du HCFC-22 et d'autre part, il existait, dans

⁶ La croissance de la consommation de HFC est soumise à des facteurs techniques, réglementaires et de marché ; ainsi, l'ampleur de la croissance ne peut être clairement déterminée à ce stade, même s'il semble que la consommation s'oriente vers une hausse dans ces applications.

⁷ Dans certains cas, en fonction de la stratégie nationale, le Comité exécutif a examiné et approuvé des demandes de soutien pour des activités allant au-delà des objectifs de mise en conformité.

pratiquement toutes les applications, d'autres HCFC ainsi que des substances de remplacement à faible PRP capables de remplacer le HCFC-141b. Moins de 1 pour cent des projets d'élimination du HCFC-141b portait sur une reconversion vers des agents de gonflage pour les mousses à fort PRP.

- (c) Les fabricants de climatiseurs comptaient parmi les plus gros consommateurs de HCFC-22. Le Fonds multilatéral a tout d'abord accompagné les reconversions vers le R-410A, prenant en considération la faisabilité technique, le bien-fondé économique et la stratégie de chaque pays à l'époque. À l'issue de la 68^e réunion, avec l'augmentation de la disponibilité de substances de remplacement à faible PRP ou à PRP plus bas, le Comité exécutif a cessé de financer les projets de reconversion au R-410A dans les applications de climatisation en raison du fort PRP de cette substance. On pense que les fabricants dont la reconversion n'a pas été accompagnée par le Fonds multilatéral se sont essentiellement tournés vers le R-410A, rendant difficile la conversion totale de ces applications à des substances de remplacement à faible PRP ou à PRP plus bas. Ceci étant dit, il apparaît, dans un grand pays visé à l'article 5, que la technologie prépondérante a été remplacée par du HFC-32, malgré l'absence de soutien du Fonds multilatéral lors de cette transition.
- (d) Même si le Fonds multilatéral a accompagné des reconversions au R-290 dans le secteur de la climatisation, la fabrication à date d'équipements de climatisation sur les lignes de production reconverties reste limitée, en particulier pour les climatiseurs d'une capacité de refroidissement supérieure à 1 tonne de réfrigération (TR). Même si diverses difficultés (manque de disponibilité des compresseurs, absence de réglementations favorisant l'adoption par le marché des climatiseurs à base de HC, ou temps d'installation supérieur des splits par exemple) ont peut-être contribué à limiter la fabrication de ces équipements, la concurrence des produits utilisant d'autres frigorigènes considérés comme plus acceptables par le marché et plus sûrs a probablement été un facteur déterminant.
- (e) Un nombre restreint de projets de reconversion du HCFC-22 vers des substances de remplacement dans la production des applications de réfrigération a été approuvé, et concernait principalement des applications de réfrigération commerciale car la consommation de HCFC-22 était relativement faible dans la production d'équipements de réfrigération. On savait également que la plupart des entreprises fabriquant des équipements de réfrigération commerciale utilisaient des HFC peu chers (par exemple du R-404, avec un PRP de 3 922)⁸. Aucune surveillance ou communication n'a eu lieu à ce sujet car les HFC n'étaient pas réglementés au titre du Protocole de Montréal avant la ratification et la mise en œuvre de l'Amendement de Kigali, et car il n'existait aucun mécanisme pour évaluer de façon holistique les technologies dans chaque secteur durant l'exécution des projets.
- (f) Les PME ont reçu un soutien supplémentaire pour mettre en œuvre leurs projets de reconversion. Les décisions 60/44 et 74/50⁹ ont débloqué un financement supplémentaire pour les projets de reconversion des PME vers des technologies de réfrigération à faible PRP. Une assistance technique a aussi été fournie aux PME afin de les sensibiliser aux technologies utilisant des frigorigènes à faible PRP et de faciliter l'adoption de ces technologies. Il convient de noter que les PME, en particulier celles opérant dans la

⁸ Les entreprises fabriquant des équipements de réfrigération commerciale qui n'étaient pas couvertes par le PGEH en raison de leur inéligibilité ou d'autres raisons ont continué à utiliser des frigorigènes à base de HFC et ont poursuivi leur croissance ; en outre, bien que dans une faible mesure, des frigorigènes à bas PRP tels que le R-290, le R-600a et le CO₂ ont été employés dans un nombre limité d'entreprises de fabrication.

⁹ Grâce à ces décisions, jusqu'à 25 pour cent de financement supplémentaire ont été alloués pour la reconversion à des solutions de remplacement à faible PRP et dans le cas des PME consommant moins de 20 tm par an, cette proportion est montée jusqu'à 40 pour cent.

production et l'assemblage des équipements de réfrigération commerciale, ont eu besoin d'une assistance particulière dans leur reconversion en raison du manque de capacités techniques et financières pour adopter les technologies à base de frigorigènes à faible PRP.

Soutien destiné au secteur de l'entretien et au renforcement de la capacité

- (g) Le soutien apporté au secteur de l'entretien incluait, entre autres, la formation et la certification des techniciens frigoristes aux bonnes pratiques en matière d'entretien¹⁰ ; la fourniture d'outils et d'équipements de base aux techniciens et aux institutions d'enseignement technique proposant des formations destinées aux techniciens ; l'élargissement de la certification aux entreprises d'entretien impliquées dans l'installation, l'entretien, la maintenance et la mise hors service des équipements de réfrigération ; la mise à disposition d'une assistance réglementaire promouvant la certification des techniciens, d'une aide pour élaborer et adopter des normes et des codes de pratiques destinés au secteur de l'entretien, la poursuite du renforcement des associations du secteur RAC et de leur implication dans la promotion ou la mise en œuvre des activités liées au Protocole de Montréal ; et la mise en place de programmes de récupération et de recyclage des frigorigènes et de centres de régénération, incluant, dans la mesure du possible, une assistance réglementaire pour la récupération et le recyclage des frigorigènes¹¹.
- (h) Les activités destinées au secteur de l'entretien ont facilité la mise en place de bonnes pratiques en matière d'entretien, notamment en promouvant l'installation et la maintenance correctes des différents équipements RACHP, la récupération et la réutilisation du HCFC-22, les pratiques d'entretien sans danger à l'aide de substances de remplacement comme les frigorigènes à faible PRP, le soutien de l'infrastructure des institutions de formation ainsi que le renforcement de la capacité des associations du secteur RACHP vis-à-vis de l'accompagnement actuellement en cours en matière de formation, résultant indirectement dans l'adoption de technologies à faible PRP dans différentes applications RACHP¹².
- (i) Durant la mise en œuvre des PGEH, il a été signalé que, dans plusieurs pays visés à l'article 5, des hydrocarbures (HC) étaient utilisés pour convertir, faire fonctionner et/ou remplir des équipements à base de HCFC-22. Des inquiétudes ont été exprimées concernant l'utilisation en toute sécurité de frigorigènes inflammables dans ces systèmes qui sont conçus pour fonctionner avec des frigorigènes non inflammables, et concernant les risques associés pour les techniciens et les utilisateurs finaux. En réponse à cette pratique, le Comité exécutif a relevé que, si le pays s'engageait dans la conversion d'équipements RAC à base de HCFC et de l'entretien associé vers des frigorigènes inflammables ou toxiques avec l'assistance du Fonds, le pays le faisait étant entendu qu'il en prenait l'entière responsabilité et qu'il acceptait tous les risques correspondants, et qu'une conversion de ce genre ne devrait être réalisée que conformément aux normes et

¹⁰ Ceci inclut le confinement des substances réglementées au travers de la maintenance préventive, l'amélioration de la qualité des installations, le maintien/l'amélioration de l'efficacité énergétique des équipements grâce à des paramètres de contrôle appropriés, le nettoyage correct des équipements (notamment les échangeurs de chaleur), la formation à la manipulation en toute sécurité des frigorigènes inflammables et une formation spéciale destinée à certains publics cibles, par exemple à l'utilisation des équipements à base de CO₂ dans les supermarchés.

¹¹ Suite aux décisions 89/6 et 91/65, un soutien supplémentaire est actuellement mis à la disposition des pays visés à l'article 5 pour inclure des activités liées à l'efficacité énergétique aux PGEH existants et aux futurs PGEH des pays PFV et dans le cadre de la réduction progressive des HFC ; les répercussions de ces activités seront connues dans les prochaines années.

¹² UNEP/OzL.Pro/ExCom/82/64.

protocoles applicables (décisions 72/17 et 73/34)¹³.

- (j) À la 92^e réunion, le Comité exécutif a examiné un rapport sur des programmes incitatifs à destination des utilisateurs finaux financés dans le cadre des PGEH approuvés¹⁴. Suite aux délibérations qui ont lieu sur ce rapport, le Comité exécutif a, entre autres, demandé aux pays visés à l'article 5 et aux agences bilatérales et d'exécution, lors de l'élaboration de programmes incitatifs à destination des utilisateurs finaux, de réfléchir aux facteurs qui favoriseraient la pérennité et l'évolutivité en termes d'échelle de l'adoption de solutions de remplacement à faible PRP par les utilisateurs finaux, tels que les possibles gains d'efficacité énergétique et les opportunités de modalités et de sources de financement complémentaires, dans la mesure du possible et sur une base volontaire (décision 92/36(e)).
- (k) Les entreprises engagées dans l'installation et l'assemblage au niveau local ont reçu un soutien dans le cadre des PGEH conformément aux directives d'orientation relatives au secteur de l'entretien. Comme la quantité de HCFC utilisée dans ces applications n'était pas élevée, un soutien complémentaire limité a été demandé et, par conséquent, fourni à ces entreprises dans le cadre des PGEH¹⁵.
- (l) La mise en œuvre des projets et une surveillance des activités ont été entreprises non seulement pour assurer un achèvement rentable et en temps voulu des projets, mais aussi pour réduire la consommation conformément aux objectifs de conformité. L'incidence des activités de reconversion sur la croissance de la consommation de HFC n'a généralement pas été surveillée ou communiquée car, durant la période précédent octobre 2016, ces substances n'étaient pas réglementées au titre du Protocole de Montréal ou des réglementations nationales.

9. Malgré le soutien fourni aux pays visés à l'article 5 pour adopter de solutions de remplacement à faible PRP à la place des HCFC dans différentes applications RACHP et de mousses, les équipements et technologies à base de HFC ont connu un essor considérable dans les pays visés à l'article 5 compte tenu notamment des niveaux d'évolution technologique qui ont affecté la disponibilité sur le marché de technologies matures à un prix compétitif ; de la prudence dont a fait preuve l'industrie vis-à-vis de l'adoption de technologies à faible PRP ; et de facteurs réglementaires et de marché. Ce phénomène a été particulièrement marqué dans le secteur de la climatisation résidentielle, où des technologies à base de HFC, à fort PRP et à haute efficacité énergétique (climatiseurs à base de R-410A et efficaces sur le plan énergétique par exemple) ont fréquemment été adoptées, en particulier au début de l'élimination des HCFC. Cette transition a aidé les pays à éliminer plus rapidement les HCFC. Cela a cependant accru le stock de technologies à base de HFC dans les applications qui utilisaient précédemment des HCFC.

10. L'adoption de l'Amendement de Kigali en 2016 a entraîné une vaste augmentation des niveaux de sensibilisation vis-à-vis des répercussions climatiques de l'emploi de technologies à base de HFC dans les applications RACHP, et du besoin de réduire progressivement les technologies à base de HFC. Depuis la 93^e réunion, 106 pays ont reçu un financement pour la préparation de KIP, 24 pays ont reçu un financement pour des KIP et 14 pays se sont vus approuver des projets d'investissement autonomes de réduction progressive des HFC. En outre, des KIP pour d'autres pays devraient être soumis dans les prochains 24 mois, notamment pour les pays visés à l'article 5 qui sont censés ratifier l'Amendement de Kigali dans un futur proche. Comme les KIP approuvés en sont aux premiers stades de leur mise en œuvre, il est difficile

¹³ Le Secrétariat est conscient que des HC ont été utilisés dans des applications de réfrigération domestique durant plus de vingt ans et qu'il se peut que des réfrigérateurs domestiques à base de HFC aient été convertis aux HC ; bien qu'il ne s'agisse pas d'une pratique sans danger, la faible charge du frigorigène limite le risque que représente ces conversions.

¹⁴ UNEP/OzL.Pro/ExCom/92/43.

¹⁵ Les applications dans lesquelles les entreprises d'installation et d'assemblage au niveau local étaient actives employaient essentiellement des HFC, aussi bien dans la réfrigération que la climatisation.

d'évaluer leur incidence sur le taux d'adoption des technologies à faible PRP et les tendances de consommation de ces technologies. Il convient de noter que plusieurs des fabricants d'équipements de réfrigération autonomes à usage domestique et commercial ayant reçu une assistance au travers de projets d'investissement liés au HFC ont achevé leur reconversion vers des solutions de remplacement à faible PRP.

11. Suite à l'adoption de l'Amendement de Kigali, le Comité exécutif poursuit actuellement ses délibérations sur différents aspects d'orientation visant à fournir un soutien pour maintenir et/ou renforcer l'efficacité énergétique lors de l'adoption de technologies de remplacement dans le cadre de l'élimination des HCFC/de la réduction progressive des HFC.

12. Un soutien est actuellement disponible pour les projets pilotes portant sur l'efficacité énergétique dans le cadre de la réduction progressive des HFC (décision 91/65) et pour les activités liées à l'efficacité énergétique dans le secteur de l'entretien pour les pays PFV en cas d'adoption de technologies à faible PRP lors de l'élimination des HCFC (décision 89/6). Le Comité exécutif poursuit ses consultations liées aux activités visant à maintenir et/ou améliorer l'efficacité énergétique lors de la réduction progressive des HFC dans le document UNEP/OzL.Pro/ExCom/94/61.

Analyse des émissions directes et indirectes et futures tendances résultant des besoins de refroidissement

13. Le rapport Surveillance du refroidissement mondial 2023 présente des informations sur les tendances relatives aux émissions directes et indirectes jusqu'à 2050, notamment différents scénarios en fonction de la vitesse d'adoption de technologies pouvant potentiellement réduire les émissions directes (par exemple, réduction progressive des HFC plus rapide que les objectifs de l'Amendement de Kigali) et les émissions indirectes (par exemple, incidence d'une hausse de l'efficacité énergétique ou de l'adoption du refroidissement passif). Il convient de noter que l'analyse des conclusions présentée ci-dessous ne préjuge d'aucune décision politique concernant le refroidissement durable ; elle fournit plutôt un récapitulatif des diverses interventions possibles et de leurs répercussions. En outre, les estimations des émissions s'appuient sur une modélisation des émissions directes et indirectes réalisée à partir des contributions d'experts des tendances technologiques dans différentes applications de refroidissement et de la génération d'électricité.

Demandes de refroidissement et émissions de gaz à effet de serre

14. La demandes de refroidissement de la capacité de refroidissement installée dans les pays visés à l'article 5, exprimée en terrawatt (TW), devrait croître de 10,1 TW en 2022 à 39,4 TW en 2050 selon un scénario de maintien du statu quo (MSQ). Le scénario MSQ tient compte, entre autres, des prévisions démographiques fondées sur les estimations de croissance moyenne des Nations Unies ; des prévisions de produit intérieur brut basées sur la trajectoire socio-économique partagée n°2 de la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (SSP2 de l'UNFCCC) (« Milieu de la route »)¹⁶ ; et d'autres paramètres macro-économiques tels que l'accès à l'électricité, le nombre de foyers et le nombre de véhicules.

15. Selon un scénario d'accès amélioré (IA) qui tient compte d'équipements complémentaires (à savoir, accès à un réfrigérateur domestique et à un petit climatiseur pour le milliard de foyers les plus pauvres)¹⁷, la demande de refroidissement dans les pays visés à l'article 5 est estimée à 43,2 TW. Cela se traduit par une croissance de la demande de refroidissement par habitant de 1,5 kW en 2022 à 4,8 kW en 2050. Le multiplicateur de croissance (c'est-à-dire le rapport entre la demande de refroidissement en 2050

¹⁶ Le SSP2 est un scénario présentant des défis de difficulté moyenne en termes d'atténuation et d'adaptation.

¹⁷ L'accès de ce 1 milliard de foyers n'est pas inclus dans le scénario MSQ expliqué ci-dessus.

(MSQ) et celle en 2022) devrait être le plus élevé dans les pays des régions Afrique et Asie-Pacifique, suivies par les régions Amérique latine et Caraïbes, et Europe de l'Est.

16. Les émissions annuelles de GES issues des équipements de refroidissement utilisés dans les pays visés à l'article 5 devraient augmenter de 2,70 milliards de tonnes d'équivalent CO₂ (éq CO₂) en 2022 à respectivement 7,47 milliards de tonnes éq CO₂ et 8,15 milliards de tonnes éq CO₂ en 2050 selon les scénarios MSQ et IA.

Interventions qu'il est possible de mettre en place pour réduire les émissions de gaz à effet de serre

17. Le rapport Surveillance du refroidissement mondial 2023 contient des estimations de l'incidence de différentes interventions sur les niveaux d'émission de GES de tous les pays en 2050. Le tableau 1 présente des informations sur les estimations des répercussions de différentes politiques sur les émissions des pays visés à l'article 5. Les estimations présentées dans le rapport montrent que diverses interventions peuvent potentiellement réduire les émissions directes et indirectes de GES liées au refroidissement en 2050 de 8,15 milliards de tonnes éq CO₂ à 2,11 milliards de tonnes éq CO₂¹⁸.

Tableau 1. Incidence, sur les émissions directes et indirectes en 2050¹⁹, des interventions menées dans les pays visés à l'article 5 pour atteindre un refroidissement durable selon le scénario de croissance IA

Interventions	Émissions totales en 2050	Émissions directes liées aux frigorigènes	Émissions indirectes liées à l'énergie
	Milliards de tonnes d'éq CO ₂		
Aucune mesure politique	8,15	1,22	6,93
Conformité à l'Amendement de Kigali	7,22	0,29	6,93
Gain d'efficacité énergétique en conditions MSQ ²⁰	5,49	0,29	5,20
Réduction de la charge ²¹	4,32	0,24	4,08
Gain d'efficacité énergétique maximal ²²	2,25	0,24	2,01
Réduction progressive rapide des HFC ²³	2,11	0,10	2,01

Réduction des émissions directes dans différentes applications

¹⁸ Le tableau 1 n'inclut aucune réduction des émissions liée à la décarbonation du réseau électrique. La décarbonation de l'électricité entraînera d'autres réductions des émissions, mais ne sera pas influencée d'une manière générale par les parties prenantes du secteur du refroidissement.

¹⁹ Le tableau 1 présente les estimations des émissions de GES en 2050 et non l'incidence cumulée de 2024.

²⁰ Le scénario avec un gain d'efficacité énergétique en conditions MSQ est estimé d'après les gains d'efficacité énergétique que l'on s'attend à atteindre dans le scénario MSQ pour différentes applications sur la période allant de 2024 à 2040, en émettant l'hypothèse que les fabricants d'équipements introduiront lentement des améliorations sur le plan de l'efficacité énergétique même sans nouvelle mesure politique, mais que cette vitesse d'amélioration de l'efficacité est bien plus lente que ce qui serait techniquement possible avec de plus fortes mesures politiques.

²¹ Mesures en faveur du refroidissement passif qui entraîneraient une réduction de la charge d'environ 25 pour cent en 2050.

²² Le scénario avec un gain d'efficacité énergétique maximal implique l'introduction rapide de technologies efficaces sur le plan énergétique, en émettant l'hypothèse d'un essor rapide des équipements de forte efficacité énergétique actuellement disponibles et des améliorations d'efficacité en cours de développement d'après les dernières avancées techniques.

²³ Dans le scénario de réduction progressive rapide des HFC, l'utilisation de HFC à très haut PRP est évitée dès que possible (progression par bonds ou « leapfrogging »). Lorsqu'une option à PRP ultra faible est déjà largement disponible (comme les HC pour les petits équipements scellés et le HFO-1234yf pour la climatisation automobile), ces options sont modélisées. Lorsque le choix d'une technologie sur le long terme est moins clair (comme pour les systèmes split), des options « à plus faible PRP » sont adoptées, avant de passer à des solutions de remplacement à faible PRP dans les années 2030.

18. Le tableau 2 présente une évaluation des émissions directes cumulées issues du refroidissement (c'est-à-dire les émissions provenant des frigorigènes utilisés dans différentes applications) dans le « scénario conforme à l'Amendement de Kigali » pour six groupes d'applications, à savoir le refroidissement des espaces résidentiels, la chaîne du froid résidentielle, le refroidissement des espaces non résidentiels, la chaîne du froid non résidentielle, le refroidissement des espaces de transport et la chaîne du froid du transport. Il montre également la réduction des émissions indirectes résultant d'une plus faible consommation d'énergie, ainsi que la baisse des émissions correspondantes en tonnes d'équivalent CO₂ dans les scénarios « gain d'efficacité énergétique en conditions MSQ » et « gain d'efficacité énergétique maximal ». Le refroidissement des espaces résidentiels, le refroidissement des espaces non résidentiels, la chaîne du froid non résidentielle et le refroidissement des espaces de transport donnent les estimations les plus élevées pour les émissions directes de HFC cumulées. Les trois secteurs du refroidissement d'espaces représentent une part significative de la capacité de refroidissement installée.

Tableau 2. Émissions directes cumulées liées au refroidissement de 2024 à 2050

Catégories ²⁴	Scénario conforme à l'Amendement de Kigali		Consommation d'énergie cumulée, 2024 à 2050 (milliards de TWh)		Émissions indirectes cumulées, 2024 à 2050 (millions de tonnes d'éq CO ₂)	
	Milliards de tonnes d'éq CO ₂	Pourcentage du total (%)	Scénario avec gain d'efficacité énergétique en conditions MSQ	Scénario avec gain d'efficacité énergétique maximal	Scénario avec gain d'efficacité énergétique en conditions MSQ	Scénario avec gain d'efficacité énergétique maximal
Refroidissement des espaces résidentiels	8,31	32,1	68,635	39,345	41,54	20,62
Chaîne du froid résidentielle	0,15	0,6	14,816	8,992	7,53	4,46
Refroidissement des espaces non résidentiels	4,98	19,2	24,411	15,306	14,83	7,81
Chaîne du froid non résidentielle	8,85	34,2	32,002	20,683	18,03	10,32
Refroidissement des espaces de transport	3,36	13,0	24,616	17,768	8,27	4,92
Chaîne du froid du transport	0,25	1,0	3,349	2,108	0,99	0,53
Total	25,90	100,0	167,829	104,202	91,20	48,66

Réductions de la demande d'électricité en période de pointe

19. Le Modèle d'émissions mondiales dues au refroidissement HFC Outlook donne des estimations de la consommation d'électricité en terawatts-heures (TWh) par an. La demande annuelle moyenne peut être estimée en terawatts (TW) en divisant le nombre de TWh par 8 760 (nombre d'heures dans une année). Cette moyenne est toutefois bien inférieure à la demande en période de pointe, qui est censée être plus élevée en raison de la charge coïncidente des équipements de climatisation ou, par exemple, des voitures électriques en cours de charge. À la lumière de ce qui précède, le tableau 3 présente les estimations de la

²⁴ Le refroidissement des espaces résidentiels concerne les climatiseurs résidentiels ; la chaîne du froid résidentielle concerne la réfrigération domestique ; le refroidissement des espaces non résidentiels concerne la climatisation commerciale et industrielle ; la chaîne du froid non résidentielle concerne la réfrigération commerciale et industrielle ; le refroidissement des espaces de transport concerne la climatisation du transport, notamment la climatisation mobile ; et la chaîne du froid du transport concerne la réfrigération du transport.

demande en période de pointe, en terawatts, calculées avec un « facteur de demande en période de pointe »²⁵ de 2,3.

Tableau 3. Consommation d'électricité et demande en période de pointe dans les scénarios « gain d'efficacité énergétique en conditions MSQ » et « gain d'efficacité énergétique maximal »

Catégories	2022	2030	2040	2050
	TWh par an			
Gain d'efficacité en conditions MSQ	3 024	4 290	6 477	10 042
Gain d'efficacité élevé	2 930	2 979	3 168	3 864
	Demande annuelle moyenne, en TW (pour 8 760 heures)			
Gain d'efficacité en conditions MSQ	0,35	0,49	0,74	1,15
Gain d'efficacité élevé	0,33	0,34	0,36	0,44
	Demande en période de pointe, en TW (avec facteur de demande en période de pointe de 2,3)			
Gain d'efficacité en conditions MSQ	0,79	1,13	1,70	2,64
Gain d'efficacité élevé	0,77	0,78	0,83	1,01

Remarque : 1 TW est égal à 1 million de MW ; en estimant que le coût d'investissement nécessaire pour générer de l'électricité est de 2 millions de \$ US par MW, les économies réalisées grâce à la suppression des investissements dans des centrales électriques sont importantes.

20. Les gains d'efficacité énergétique génèrent des économies en termes d'investissements en capital dans les équipements d'infrastructure nécessaires à la génération, au transfert et à la distribution de l'électricité et peuvent aussi créer des économies directes en termes de dépenses gouvernementales lorsque la consommation d'énergie est subventionnée.

21. Il est possible de réduire de manière significative la consommation d'énergie en réduisant la charge, ce qui peut être réalisé en prenant des mesures en faveur du refroidissement passif ; de telles mesures peuvent réduire à environ 33 TW d'ici 2050 une charge de refroidissement qui est actuellement à un niveau de 43,2 TW. Pour les bâtiments, certaines mesures comme l'usage de surfaces réfléchissantes, l'ombrage et l'amélioration de l'isolation peuvent considérablement abaisser les charges de refroidissement. Pour les applications de réfrigération, d'autres mesures comme l'ajout de portes sur les présentoirs de vente au détail, l'utilisation d'éclairages de haute efficacité énergétique dans les entrepôts frigorifiques et la mise en place de ventilateurs d'évaporateur à vitesse variable peuvent aider à réduire drastiquement la charge de refroidissement. Ces techniques de réduction de la charge de refroidissement sont plus rentables sur les nouveaux systèmes, mais bon nombre d'entre elles peuvent aussi être appliquées aux systèmes existants.

Que pourrait-on faire à l'avenir en faveur d'un refroidissement durable dans le cadre des plans de gestion de l'élimination des HCFC et des plans de mise en œuvre de l'Amendement de Kigali pour les HFC

22. Les activités financées dans le cadre du Fonds multilatéral jouent un rôle essentiel dans la promotion de l'adoption de technologies de refroidissement durable dans les applications RAC. L'analyse ci-dessus montre l'incidence considérable que peuvent avoir, sur le refroidissement durable, les activités de réduction progressive des HFC déroulées au titre de l'Amendement de Kigali, la transition vers des équipements de grande efficacité énergétique à l'aide de technologies et de frigorigènes à faible PRP, et l'utilisation efficiente des équipements de refroidissement. Les pays tireront un bénéfice tant dans le

²⁵ En raison de la nature complexe de l'évaluation de la demande d'électricité en période de pointe, un « facteur de demande en période de pointe » est appliqué pour calculer les estimations de la demande d'électricité en période de pointe ; ce facteur peut varier en fonction des conditions locales.

scénario MSQ en termes d'accès des habitants à l'électricité que dans le scénario avec un meilleur accès aux équipements.

23. De plus, le Fonds multilatéral se trouve dans une position unique pour poursuivre la mise en œuvre d'activités visant un refroidissement durable grâce : aux engagements nationaux contraignants envers la mise en conformité avec les objectifs du Protocole de Montréal ; à la constitution du réseau entre les bureaux nationaux de l'ozone (BNO) et l'industrie ; à une approche axée sur les pays de l'adoption de technologies durables ; à une approche équilibrée qui permet d'éviter un décalage entre l'offre et la demande ; et au renforcement des institutions. Par ailleurs, le Fonds multilatéral pourrait travailler sur des approches et des projets liés au refroidissement durable en collaboration avec d'autres institutions.

Renforcement du recueil de données sur le refroidissement durable

24. *Il est nécessaire de renforcer le recueil de données sur les infrastructures de refroidissement en lien avec la consommation de HFC et l'efficacité énergétique ainsi que les schémas et les tendances afin de comprendre les barrières et les interventions permettant d'atteindre un refroidissement durable.* Il est crucial d'évaluer la structure du secteur/de l'industrie ainsi que les tendances technologiques liées au refroidissement de confort et aux chaînes du froid afin de définir des plans d'action spécifiques visant à promouvoir le refroidissement durable²⁶. Cela nécessiterait des approches spécifiques à chaque pays pour le recueil et l'analyse des données relatives aux applications de refroidissement. La préparation et la mise en œuvre des activités déroulées au titre des KIP peuvent servir à recueillir des informations et à impliquer les parties prenantes ayant affaire aux applications de refroidissement ou les utilisant lors de la définition d'actions et d'interventions stratégiques pour réduire la dépendance vis-à-vis des équipements à base de HFC. De plus, les activités bénéficiant du soutien de sources de financement autres que le Fonds multilatéral pourraient être utilisées pour recueillir des informations qui pourraient inclure des données sectorielles.

25. *Les informations relatives aux technologies d'agent de gonflage des mousses et autres solutions d'isolation jouent un rôle important dans la réduction des pertes de refroidissement et, par conséquent, doivent être surveillées en continu afin de renforcer l'adoption de technologies de refroidissement durables.* Il convient que l'adoption d'un refroidissement durable dans différentes applications (isolation des bâtiments ou isolation des infrastructures des chaînes du froid par exemple afin de réduire au maximum les pertes de refroidissement) inclue l'adoption de technologies d'isolation durables à faible PRP, en se concentrant tout particulièrement sur les PME impliquées dans la fabrication de produits en mousse isolante. Les données relatives aux mousses isolantes utilisées dans les applications RACHP doivent être recueillies et analysées en continu en vue de garantir un fonctionnement des équipements efficace sur le plan énergétique.

Programmes ciblés au titre des plans de gestion de l'élimination des HCFC et des plans de mise en œuvre de l'Amendement de Kigali pour les HFC visant à promouvoir un refroidissement durable

26. *Des activités pourraient être mises en œuvre en vertu des PGEH pour l'élimination finale des HCFC afin d'éviter d'adopter des technologies de remplacement à base de HFC à haut PRP.* La mise en œuvre des activités restantes des PGEH nécessiterait une approche holistique avec les activités des KIP existantes ou prévues actuellement en cours d'amorçage, afin d'éviter d'adopter des technologies de remplacement à base de HFC à fort PRP et de promouvoir l'adoption de technologies de frigorigènes à faible PRP et efficaces sur le plan énergétique.

²⁶ Les processus de recueil des données seraient guidés par les principaux objectifs du recueil de ces données. Pour les interventions allant au-delà de la mise en œuvre des KIP, il pourrait être nécessaire de faire réaliser le recueil des données (par exemple : manière dont les technologies de refroidissement sont utilisées au niveau des fermes et opérations post-récolte avant transformation, problèmes rencontrés dans le cadre de l'accès au refroidissement, besoin d'interventions pour faire évoluer le comportement des consommateurs) par d'autres parties prenantes en intégrant les contributions des BNO.

27. *Une stratégie d'élimination complète des HFC définie pour chaque secteur/application ainsi que l'adoption de technologies durables et efficaces sur le plan énergétique pourraient être examinées dans le cadre des KIP.* Cela peut concerner des secteurs individuels ou multiples, en fonction de la structure industrielle nationale permettant d'appliquer les solutions de refroidissement durables. Durant la mise en œuvre des PGEH, certains plans de mise en œuvre incluaient des stratégies sectorielles qui ont contribué à réduire la consommation de HCFC de tous les utilisateurs de HCFC du secteur et qui ont procuré un ensemble complet de politiques et de réglementations permettant de pérenniser l'élimination des HCFC. Dans le cadre des KIP, par exemple, éliminer plus rapidement le HFC-134a et le R-404A employés dans la fabrication d'équipements de réfrigération commerciale autonomes au niveau sectoriel peut permettre de réduire la demande de HFC à long terme dans ces applications. Les stratégies sectorielles d'adoption de certains types de technologies (utilisation en toute sécurité de frigorigènes inflammables à faible PRP par exemple) peuvent jouer sur d'autres applications/secteurs et ainsi maximiser les bénéfices de cette approche.

28. Les interventions suivantes peuvent être envisagées durant la mise en œuvre des KIP afin d'atteindre un refroidissement durable, en prenant note du fait qu'elles ne s'excluent pas nécessairement les unes les autres.

- (a) *Mise en œuvre d'interventions liées à l'efficacité énergétique durant la reconversion de la fabrication des HFC à des solutions de remplacement.* Cette approche intégrée abordant la reconversion des frigorigènes et l'incorporation de l'efficacité énergétique dans la conception des équipements serait une solution rentable pour maximiser les répercussions positives sur le climat.
- (b) *Programmes visant l'adoption accélérée d'équipements RACHP à base de frigorigènes à faible PRP efficaces sur le plan énergétique.* Cela réduirait la consommation d'énergie liée à l'utilisation des équipements RACHP tant dans les pays fabricants que dans les pays importateurs de ces équipements et bénéficierait aux consommateurs et aux gouvernements car cela générerait des économies de consommation d'énergie et de besoins en énergie des équipements RACHP. Cette approche doit inclure la réduction au maximum de la demande de refroidissement dans différentes applications des utilisateurs finaux ; le dimensionnement correct des équipements RACHP en termes de conception et d'installation ; la garantie de l'application de pratiques bonnes et sans danger pour l'installation, la maintenance et l'entretien des équipements, notamment concernant la récupération et la réutilisation des frigorigènes ; et la gestion responsable des équipements et substances en fin de vie. Il convient de compléter ces activités par des programmes de vulgarisation et de sensibilisation ciblés appropriés, un renforcement de la capacité des institutions nationales pertinentes et la promotion d'un financement innovant pour l'adoption d'équipements RACHP à base de frigorigènes à faible PRP et efficaces sur le plan énergétique.
- (c) *Programmes visant à aider les utilisateurs finaux à réduire leur dépendance vis-à-vis des équipements à base de HFC.* Réduire la dépendance aux équipements à base de HFC permettra de réduire la demande de HFC pour la charge initiale et la recharge et accélérera l'adoption de solutions de remplacement pour les équipements à base de HFC. Cela fournira alors aux fabricants d'équipements des signaux de marché les poussant à promouvoir ces technologies de remplacement. Même si un soutien est fourni aux projets faisant la démonstration de technologies à faible PRP et offrant aux utilisateurs finaux des incitations, ces projets sont limités en termes de taille et l'évolutivité en termes de transposition d'échelle des technologies dont la démonstration a été faite est elle aussi limitée.

- (d) *Gestion efficace de la fin de vie des équipements utilisant des HFC.* Cela nécessiterait une sensibilisation et la vulgarisation d'informations, une formation à la récupération des frigorigènes et à l'élimination en toute sécurité des équipements à l'issue de leur vie utile, et l'actualisation des codes de pratique/réglementations associés pour y inclure la gestion sans danger de la fin de vie. Il est nécessaire d'éliminer de façon sûre les frigorigènes récupérés qui ne peuvent être réutilisés, et de mettre au point des approches innovantes pour la gestion de la logistique et du financement de l'élimination et de la destruction. Cela pourrait impliquer une approche holistique de la gestion des déchets dangereux, notamment des frigorigènes usagés. De plus, compte tenu du niveau élevé d'investissement et des processus logistiques impliqués, il pourrait s'avérer utile de créer des centres régionaux capables de régénérer les frigorigènes et d'exploiter des installations de destruction.
- (e) *Définir des mécanismes d'évaluation holistique de la consommation de HFC dans différentes applications.* Il s'agit-là d'un point crucial pour la mise en œuvre de politiques et de réglementations permettant de réduire l'utilisation des substances réglementées (approche sectorielle pour obtenir des résultats, par exemple), qui s'appliqueront à la fois aux entreprises admissibles au soutien du Fonds multilatéral et à celles non admissibles à un financement.
- (f) *Approche intégrée avec une forte coordination institutionnelle pour la mise en œuvre d'activités de refroidissement durable.* Le refroidissement durable requiert l'adoption de technologies efficaces sur le plan énergétique et contenant des frigorigènes à faible PRP, et cela nécessite une approche intégrée impliquant des projets financés par le Fonds multilatéral et d'autres interventions pertinentes en lien avec l'énergie. L'adoption de technologies avec des frigorigènes à faible PRP est essentiellement traitée au travers des KIP et autres projets financés par le Fonds multilatéral ; les aspects liés à l'efficacité énergétique, quant à eux, doivent être abordés via des mécanismes de coordination institutionnelle forts avec les autorités concernées par l'efficacité énergétique. Comme les NCAP fournissent un plan holistique pour traiter des besoins de refroidissement au niveau national et qu'ils sont préparés en impliquant de multiples parties prenantes, intégrer aux KIP les volets pertinents des NCAP qui abordent les applications liées à la chaîne du froid et au refroidissement de confort peut jouer un rôle important dans le soutien de l'adoption de technologies de refroidissement durable. Les pays pourraient envisager de renforcer la coordination des BNO avec les différentes parties prenantes/les différents mécanismes institutionnels impliqués dans l'élaboration/la mise en œuvre des NCAP (participation aux réunions de coordination, contribution à la planification des activités des NCAP pour maximiser les approches complémentaires dans l'adoption des technologies de refroidissement durable, et contribution à l'examen des objectifs des Contributions déterminées au niveau national (CDN) des pays par exemple). En fonction de l'évolution des NCAP, le rôle spécifique des BNO dans ce processus pourrait être ajusté avec le temps. Des approches similaires pourraient être adoptées pour d'autres plans sectoriels impliquant des applications RACHP au niveau national (par exemple plans de développement du secteur du tourisme, renforcement des infrastructures de la chaîne du froid).

RECOMMANDATION

29. Le Comité exécutif pourrait souhaiter prendre note des informations contenues dans le document UNEP/OzL.Pro/ExCom/94/63 concernant la manière dont les activités d'élimination des HCFC et de réduction progressive des HFC soutenues par le Fonds multilatéral sont susceptibles de contribuer au refroidissement durable.