



**Programme des
Nations Unies pour
l'environnement**

Distr.
GÉNÉRALE

UNEP/OzL.Pro/ExCom/99/83
26 octobre 2026

FRANÇAIS
ORIGINAL : ANGLAIS

COMITÉ EXÉCUTIF
DU FONDS MULTILATÉRAL AUX FINS
D'APPLICATION DU PROTOCOLE DE MONTRÉAL
Quatre-vingt-dix-neuvième réunion
Montréal, 7-11 décembre 2026
Point 14 de l'ordre du jour provisoire¹

**DOCUMENT SUR LES DIFFICULTÉS DE MISE EN ŒUVRE
DES PROJETS DE RECONVERSION DANS LE SECTEUR
DE LA RÉFRIGÉRATION, DE LA CLIMATISATION ET DES POMPES À CHALEUR
EN RAISON DE PROBLÈMES DE CHAÎNE D'APPROVISIONNEMENT
ET SUR LES MOYENS POSSIBLES DE SURMONTER CES DIFFICULTÉS
(DÉCISION 96/59)**

1. Lors de sa 98^e réunion, le Comité exécutif a examiné le document UNEP/OzL.Pro/ExCom/98/57.
2. Au cours de la discussion qui a suivi, le document a été perçu comme une vue d'ensemble opportune et utile des défis associés à la chaîne d'approvisionnement dans la mise en œuvre des projets de reconversion. Un membre a relevé que la transition vers des substituts à faible PRP dans le cadre de l'Amendement de Kigali nécessitait un accès physique à des technologies et à des composants abordables, pour lesquelles des chaînes d'approvisionnement résilientes sont essentielles, puisque les forces du marché ne peuvent à elles seules résoudre les obstacles structurels en temps voulu. Les pays visés à l'article 5 ont fait face à la dépendance à l'importation, à l'instabilité des prix pour les composants critiques et les lacunes en matière de capacité technique qui ont particulièrement affecté les petites et moyennes entreprises, ce qui rend donc nécessaire le recours à un plan d'action clair sur les problèmes de chaîne d'approvisionnement afin de veiller à la mise en œuvre réussie de l'Amendement. D'autres membres ont abordé la nécessité de tenir compte des contraintes sur la chaîne d'approvisionnement pendant la préparation de projets, de la valeur des approches régionales pour édifier les chaînes d'approvisionnement, de l'importance de surveiller les changements du marché, et du besoin de distinguer les obstacles structurels de ceux qui peuvent être résolus grâce aux dynamiques du marché.
3. Le Comité exécutif a convenu de renvoyer la question pour une discussion supplémentaire au groupe de contact mis sur pied dans le cadre du point 13 à l'ordre du jour sur les approches stratégiques pour la mise en œuvre de l'Amendement de Kigali dans les pays visés à l'article 5. Comme le groupe de contact a manqué de temps pour examiner la question, le Comité a convenu de reporter son examen du document à sa 99^e réunion, lequel est reproduit dans le présent document.
4. Le Comité exécutif pourrait envisager de prendre note que le groupe de l'évaluation technique et économique présentera les renseignements sur cette question dans son rapport d'évaluation quadriennal de 2026, conformément à la décision XXXVI/10.

¹ UNEP/OzL.Pro/ExCom/99/1



**Programme des
Nations Unies pour
l'environnement**

Distr.
GÉNÉRALE

UNEP/OzL.Pro/ExCom/98/57
31 mai 2026

FRANÇAIS
ORIGINAL : ANGLAIS

COMITÉ EXÉCUTIF
DU FONDS MULTILATÉRAL AUX FINS
D'APPLICATION DU PROTOCOLE DE MONTRÉAL
Quatre-vingt-dix-huitième réunion
Montréal, 22-26 juin 2026
Point 10 de l'ordre du jour provisoire²

**DOCUMENT SUR LES DIFFICULTÉS DE MISE EN ŒUVRE
DES PROJETS DE RECONVERSION DANS LE SECTEUR
DE LA RÉFRIGÉRATION, DE LA CLIMATISATION ET DES POMPES À CHALEUR
EN RAISON DE PROBLÈMES DE CHAÎNE D'APPROVISIONNEMENT
ET SUR LES MOYENS POSSIBLES DE SURMONTER CES DIFFICULTÉS
(DÉCISION 96/59)**

Contexte

1. La transition vers des frigorigènes à faible potentiel de réchauffement de la planète (faible PRP) dans le secteur de la réfrigération, de la climatisation et des pompes à chaleur (RACHP) est une composante essentielle des efforts déployés par les pays en vue de la réduction progressive des hydrofluorocarbures (HFC) au titre de l'Amendement de Kigali au Protocole de Montréal. Les problèmes des chaînes d'approvisionnement sont étroitement liés à la mise en œuvre de projets de conversion dans le secteur de la fabrication soutenus par le Fonds multilatéral.
2. Lors de sa 96^e réunion, le Comité exécutif a examiné les difficultés rencontrées par les pays pour implémenter les plans de mise en œuvre de l'Amendement de Kigali relatifs aux HFC (KIP), tout particulièrement celles liées à la chaîne d'approvisionnement en produits de remplacement et composants d'équipements du secteur de la réfrigération, de la climatisation et des pompes à chaleur. Ces défis ont été résumés dans le document UNEP/OzL.Pro/ExCom/96/2³ portant sur les activités du secrétariat. Au cours de cette même réunion, les membres ont souligné la nécessité d'examiner dans leur ensemble les problèmes liés à la chaîne d'approvisionnement, de les étudier de manière approfondie et de concentrer les efforts sur l'identification des défis et des solutions.
3. À l'issue des discussions, le Comité exécutif a prié le secrétariat de préparer, en consultation avec les agences bilatérales et d'exécution, un document aux fins de soumission à sa 98^e réunion portant sur la disponibilité, les prix, les spécifications techniques et autres obstacles s'il y a lieu rencontrés par les pays visés à l'article 5 dans la mise en œuvre de projets de conversion dans le secteur de la réfrigération, de la climatisation et des pompes à chaleur, en raison des problèmes de chaîne d'approvisionnement concernant les frigorigènes

² UNEP/OzL.Pro/ExCom/98/1

³ Les paragraphes 8 à 10 du document UNEP/OzL.Pro/ExCom/96/2 résument les observations recueillies par le secrétariat lors des réunions de coordination inter-agences (IACM) et répondent à la demande formulée lors de la 95^e réunion, au titre du point de l'ordre du jour « Questions diverses ».

de remplacement, les pièces et les composants, et les équipements, ainsi que sur les moyens possibles de surmonter ces difficultés.

4. Ce document a été élaboré en concertation avec les agences bilatérales et d'exécution, en s'appuyant sur les débats menés lors de deux réunions de coordination inter-agences (IAMC). Le secrétariat a également engagé plusieurs séries de discussions, en présentiel et en ligne, avec des représentants de l'industrie, issus de pays visés à l'article 5 et de pays non visés par cet article, notamment des fournisseurs de technologies, des fabricants de composants et des associations industrielles.

Portée du document

5. Le présent document se limite aux défis liés à la chaîne d'approvisionnement des projets de conversion en cours dans les secteurs de la fabrication des systèmes de réfrigération et de climatisation (RAC), mis en œuvre au cours des trois dernières années dans le cadre des KIP. Les retours d'information ont été recueillis par les agences d'exécution concernées portant sur 22 projets, y compris trois projets ciblant des petites et moyennes entreprises (PME), dans 13 pays : l'Argentine, la Colombie, le Costa Rica, l'Égypte, l'Inde, l'Indonésie, la Jordanie, le Liban, la Malaisie, le Maroc, le Nigéria, le Sri Lanka et la Tunisie. Le tableau 1 ci-dessous présente la répartition de ces projets par sous-secteur et par région au sujet desquels des informations et des commentaires ont été recueillis.

Tableau 1. Répartition des projets de conversion par région et sous-secteur

Région	Climatisation résidentielle	Climatisation commerciale	Réfrigération commerciale	Réfrigération domestique	Fabrication par PME	Total
Afrique	2	—	1	2	1	6
Asie et Pacifique	—	1	3	1	—	5
Amérique latine et Caraïbes	1	1	2	—	1	5
Asie de l'Ouest	2	—	2	1	1	6
Total	5	2	8	4	3	22

6. Il est ressorti des discussions avec les agences bilatérales et d'exécution que les difficultés liées à la chaîne d'approvisionnement s'étendent également aux équipements et services finaux des systèmes de réfrigération, de climatisation et de pompes à chaleur. Toutefois, conformément au mandat spécifique défini dans la décision 96/59, le secrétariat a axé le présent document exclusivement sur les projets de conversion en cours, tout en mettant en relief la dimension plus large des produits et services dans la section « Observations du secrétariat » du document, en vue de futurs travaux possibles.

7. Afin de faciliter une analyse structurée, le secrétariat a conçu un questionnaire destiné à recueillir des retours d'information de la part des agences bilatérales et d'exécution sur trois principaux éléments examinés : la disponibilité, les prix, les aspects techniques et questions diverses. Le questionnaire était structuré de manière à rassembler des informations pour chaque sous-secteur de la réfrigération, de la climatisation et des pompes à chaleur, avec une section dédiée aux PME et aux retours d'information provenant des Unités nationales de l'ozone (UNO), recueillis par l'intermédiaire des agences. Le questionnaire utilisé figure à l'annexe I du présent document.

Principales conclusions des projets de conversion

A. Disponibilité des frigorigènes et des composants

8. Dans tous les sous-secteurs de la réfrigération, de la climatisation et des pompes à chaleur, les difficultés à garantir un accès fiable et rapide aux frigorigènes de remplacement et à leurs composants compatibles constituent l'un des obstacles les plus importants à la mise en œuvre des projets de conversion.

Réfrigération domestique

9. Dans la plupart des cas, les projets de conversion dans le sous-secteur de la fabrication de systèmes de réfrigération domestique n'ont pas encore atteint le stade de la mise en œuvre, ce qui limite une évaluation pratique complète des contraintes de disponibilité dans des conditions de projet réelles. Toutefois, on considère comme très faible la probabilité de rencontrer des problèmes de disponibilité, compte tenu de la maturité de cette technologie depuis de nombreuses années et dans de nombreux pays, y compris les pays visés à l'article 5. À mesure que les projets progressent vers leur mise en œuvre, les problèmes d'approvisionnement qui risquent de surgir porteront probablement sur la garantie d'un approvisionnement durable en frigorigènes à base d'hydrocarbures (HC) et en compresseurs compatibles, ce qui pourrait concerner certains pays visés à l'article 5, mais pas tous. Le suivi des problèmes de disponibilité sera donc essentiel à mesure que ces projets avancent.

Réfrigération commerciale

10. Les projets de conversion des systèmes de réfrigération commerciale sont confrontés à des contraintes de disponibilité considérables, notamment du fait de la diversité des types de systèmes et des volumes de charge impliqués. L'un des défis fondamentaux réside dans la forte dépendance à l'égard des importations de frigorigènes de remplacement et de composants clés tels que les compresseurs et les régulateurs, situation aggravée par la disponibilité locale limitée de composants certifiés pour les systèmes à grande échelle nécessitant des solutions à base de dioxyde de carbone (CO₂) ou d'hydrocarbures. Les insuffisances d'approvisionnement sont encore amplifiées par les retards à l'importation, les contraintes d'expédition et les problèmes de dédouanement qui affectent directement les calendriers des projets et les délais de livraison.

11. Au-delà des limitations immédiates liées à la chaîne d'approvisionnement, le secteur est également confronté à des faiblesses structurelles qui compromettent les efforts de conversion à long terme. Le manque d'infrastructures locales de régénération des frigorigènes limite la capacité de récupération et de réutilisation lors des opérations de conversion, ce qui alourdit les coûts et la logistique des projets. L'insuffisance de mécanismes réglementaires pour empêcher la circulation de frigorigènes contrefaits ou non conformes, notamment les lacunes importantes en matière d'enregistrement des fournisseurs, de systèmes de suivi et des capacités de contrôle, représente un autre sujet d'inquiétude.

Climatisation résidentielle

12. Le sous-secteur de la climatisation résidentielle a connu une légère amélioration de la disponibilité du HFC-32, principal frigorigène de remplacement utilisé dans cette catégorie, en dépit de la persistance de certaines contraintes. Bien que la disponibilité du HFC-32 soit en général suffisante, elle reste largement dépendante des importations et d'un nombre limité de fournisseurs, rendant le secteur vulnérable aux perturbations en matière d'approvisionnement. Cette dépendance a été encore aggravée par une pénurie historique touchant les compresseurs à base de HFC-32 de grande capacité, nécessaires à certains fabricants locaux, ce qui a rallongé les délais de conversion et ralenti le rythme de la transition.

13. Un défi structurel majeur a été la demande individuelle trop limitée des fabricants pour mettre en mouvement des séries de production à l'échelle locale ou régionale, insuffisance qui n'a pu être comblée qu'une fois le regroupement de la demande au niveau sectoriel ayant atteint une masse critique. Au-delà du HFC-32, des contraintes d'approvisionnement persistent pour les frigorigènes à base de HC tels que le R-290 utilisés dans les équipements résidentiels de faible capacité, indiquant que des insuffisances d'approvisionnement subsistent pour un large éventail de frigorigènes et nécessiteront une attention constante à mesure que les projets de conversion progressent. Cet aspect s'applique tout particulièrement à la majorité des pays visés à l'article 5 qui n'ont pas la capacité de produire des hydrocarbures de qualité réfrigérante.

Climatisation commerciale

14. Les projets de conversion des usines de climatisation commerciale continuent de rencontrer des problèmes d'approvisionnement liés aux composants et aux frigorigènes clés. Une difficulté persistante réside

dans la dépendance continue à l'égard des importations de compresseurs, de composants en cuivre, de composants électroniques pour onduleurs et de frigorigènes, alors que la capacité de production locale pour ces articles est limitée. Bien que la disponibilité du HFC-32 se soit améliorée, elle demeure instable en raison des retards d'expédition et des infrastructures de stockage limitées adaptées aux frigorigènes A2L⁴. En outre, les difficultés liées à la distribution et au conditionnement continuent d'affecter la fiabilité des chaînes d'approvisionnement en composants et la stabilité générale du marché.

15. Un problème structurel plus large concerne l'accès inégal aux technologies de remplacement dans l'ensemble du secteur. Les fabricants qui ne participent pas aux programmes de conversion du Fonds multilatéral sont confrontés à de bien plus grandes difficultés pour s'approvisionner en composants et en frigorigènes nécessaires à la transition, ce qui crée une dynamique à deux vitesses susceptible d'entraîner une évolution inégale à l'échelle du secteur. Si cette disparité n'est pas prise en main, elle pourrait compromettre la transformation à long terme du marché, ou la progression rapide souhaitée pour celle-ci, nécessaire pour parvenir à une adoption durable et généralisée des technologies à faible PRP.

16. La faible disponibilité des HFO a été largement constatée constituant une préoccupation intersectorielle. L'offre mondiale de HFO continue de s'améliorer et de se diversifier, notamment sur les marchés des pays non visés à l'article 5 où l'augmentation progressive des capacités, les accords de fabrication régionaux et une plus grande clarté réglementaire ont apporté un certain soutien. Toutefois les progrès restent lents, en particulier dans les pays visés à l'article 5. La production des HFO demeure fortement concentrée, à savoir dans seulement deux pays.

17. La demande de HFO dans les pays visés à l'article 5 devrait se concrétiser progressivement à mesure que la mise en œuvre des KIP progresse. Il importe toutefois d'établir une distinction fondamentale entre la disponibilité de la production mondiale et l'accès effectif au marché au niveau national, car les deux n'évoluent pas nécessairement de concert. Pour traduire la croissance de l'offre mondiale en un accès fiable au niveau national, il sera nécessaire d'investir durablement au niveau local dans les réseaux de distribution, les prestataires de services et les capacités de reconditionnement. Ce dernier point s'est révélé un obstacle majeur à la garantie d'un approvisionnement stable en HFO. Les grandes économies visées à l'article 5 peuvent jouer un rôle important en tant que pôles régionaux d'approvisionnement et de connaissances, tandis qu'un soutien ciblé aux plus petits marchés sera essentiel pour garantir une transition équitable. Ces obstacles et ces difficultés ont un impact sur le prix des HFO, qui est déjà élevé par rapport à d'autres solutions de remplacement⁵.

B. Prix des frigorigènes et des composants

18. Le coût de la transition vers les technologies à faible PRP représente un obstacle financier important pour les fabricants dans tous les sous-secteurs de la réfrigération, de la climatisation et des pompes à chaleur. Les pressions sur les prix affectent à la fois l'investissement initial nécessaire à l'adaptation des installations de fabrication et les coûts récurrents d'approvisionnement en frigorigènes de remplacement et en composants compatibles.

Réfrigération domestique

19. Étant donné que la plupart des projets de conversion des équipements de réfrigération domestique n'ont pas encore été mis en œuvre, les informations détaillées sur les impacts sur les prix dans des conditions réelles de projet ne sont pas encore disponibles. S'appuyant sur l'expérience acquise dans d'autres sous-secteurs utilisant des frigorigènes HC tels que le R-600a, les difficultés prévisibles en matière de prix pourraient

⁴ Selon la norme 34 de l'ASHRAE (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers), les frigorigènes sont classés à l'aide d'une combinaison constituée d'une lettre désignant leur toxicité et d'un chiffre désignant leur inflammabilité. A2L fait référence à des frigorigènes légèrement inflammables et A3 à des frigorigènes très inflammables

⁵ Référence au tableau 11 « Prix moyens des HCFC, des HFC et des substances de remplacement » du document UNEP/OzL.Pro/ExCom/98/5

inclure des coûts de composants plus élevés pour les compresseurs compatibles avec les HC et la nécessité de mises à niveau des équipements liés à la sécurité. Cependant, les informations recueillies grâce au financement de nombreux projets indiquent que l'écart de coût entre les compresseurs à base d'hydrocarbures et ceux à base de HFC a été largement éliminé à l'échelle mondiale, même si le volume d'activité peut encore influencer sur la structure des coûts, tout particulièrement lors des premières phases d'une transformation du marché. Les données relatives aux coûts devront être collectées systématiquement au fur et à mesure de l'avancement des projets.

Réfrigération commerciale

20. Les projets de conversion des équipements de réfrigération commerciale représentent certains des coûts les plus élevés de l'ensemble du secteur de la réfrigération, de la climatisation et des pompes à chaleur, en raison de la complexité des systèmes et des exigences de sécurité liées aux frigorigènes inflammables et à haute pression. Des investissements importants sont nécessaires pour adapter les usines de fabrication aux normes de sécurité applicables, notamment en ce qui concerne les systèmes de stockage, les machines de charge de frigorigène, les systèmes de ventilation, les équipements de détection des fuites et les infrastructures d'intervention d'urgence. Ces coûts initiaux sont amplifiés par des prix de composants nettement plus élevés, notamment pour les compresseurs conçus pour les systèmes à base de R-290 et de CO₂, où des augmentations de coûts de 30 à 35 pour cent⁶ ont été constatés par rapport aux solutions conventionnelles, ainsi que par des dépenses supplémentaires liées aux équipements certifiés ATEX⁷, ou équivalents, et aux systèmes d'alimentation de secours requis pour les applications à base de CO₂.

21. Au-delà des coûts d'investissement, les fabricants sont confrontés à des pressions financières constantes qui affectent leur compétitivité et leur viabilité à long terme. L'exposition à la volatilité des prix des matières premières et aux fluctuations des taux de change exerce une pression particulière sur les producteurs dépendants des importations, tandis que le respect des réglementations en matière de contrôle de la qualité accroît encore les coûts de production et risque de réduire la compétitivité des prix face aux grands fabricants multinationaux. Simultanément, la nécessité d'adopter des technologies de pointe, souvent plus coûteuses, pour respecter des critères de performance énergétique strictes, telles que celles fixées par les normes minimales de performance énergétique (NMPE) et les réglementations de contrôle de la qualité, rend le coût global de la conversion particulièrement difficile à assumer pour les fabricants locaux opérant sur des marchés sensibles aux prix.

Climatisation résidentielle

22. Les pressions sur les prix dans le sous-secteur de la climatisation résidentielle sont principalement liées à la dynamique du marché international, reflétant l'ampleur du secteur à l'échelle mondiale et la demande rapidement croissante dans les pays visés à l'article 5, ainsi que la base de coûts plus élevés des technologies de remplacement. Les prix des frigorigènes et des composants sont étroitement liés aux marchés internationaux des matières premières et soumis à la volatilité engendrée par la dynamique mondiale de l'offre et de la demande. Les systèmes à base de HFC-32 et leurs composants compatibles sont quant à eux plus chers que les systèmes conventionnels à base de HCFC-22 et R-410A. Ces difficultés sont encore aggravées par la hausse des coûts d'équipement et de livraison due aux contraintes logistiques mondiales et aux économies d'échelle, ce qui crée des pressions budgétaires supplémentaires pour les fabricants opérant avec des enveloppes budgétaires de projet fixes.

Climatisation commerciale

23. Le sous-secteur de la climatisation commerciale connaît des pressions sur les coûts dues à la fois aux matières premières et à l'intensité capitalistique de la conversion. La hausse des prix des matières premières

⁶ Chiffre indicatif fourni par les agences d'exécution sur la base de l'expérience acquise dans le cadre de projets de conversion en cours.

⁷ ATEX : fait référence aux directives de l'Union européenne (UE) qui réglementent les équipements et les environnements de travail en atmosphère explosive.

essentielles, notamment pour les composants des échangeurs de chaleur et des circuits de frigorigène, s'ajoute aux investissements élevés nécessaires à la production d'équipements de pointe et à haut rendement énergétique compatibles avec des frigorigènes à faible PRP. Ces pressions sont particulièrement fortes pour les petites et moyennes entreprises de fabrication, représentant la majorité des entreprises manufacturières des pays visés à l'article 5, et qui sont confrontées à la contrainte supplémentaire d'un accès limité au financement externe, aux facilités de crédit ou aux mécanismes de partage des risques, ce qui les expose de manière disproportionnée aux exigences financières de la transition technologique.

C. Spécifications techniques et autres questions

24. Au-delà de la disponibilité et des prix, les projets de conversion du secteur de la réfrigération, de la climatisation et des pompes à chaleur sont confrontés à toute une série de défis techniques, réglementaires et liés à la capacité. Ces problèmes englobent les insuffisances en matière de normes, de compétences de la main-d'œuvre, d'acceptation par le marché et de la conformité en matière de sécurité, autant d'éléments qui influent sur le rythme et la qualité des transitions technologiques.

Réfrigération domestique

25. Les projets de conversion des systèmes de réfrigération domestique n'étant pas encore entrés en phase de mise en œuvre, des difficultés techniques sont anticipées mais doivent être encore confirmées par l'expérience pratique. S'appuyant sur les caractéristiques des frigorigènes à base de HC généralement utilisés dans ce sous-secteur, les principaux enjeux techniques concerneront probablement la gestion de la sécurité des frigorigènes inflammables, l'adaptation des lignes de fabrication et des protocoles de tests de sécurité, ainsi que la certification des équipements de fabrication convertis. Des informations techniques détaillées seront disponibles à mesure que les projets avancent.

Réfrigération commerciale

26. Les systèmes de réfrigération commerciale représentent l'un des défis techniques les plus complexes du secteur de la réfrigération, de la climatisation et des pompes à chaleur, compte tenu de la diversité des frigorigènes utilisés, notamment les hydrocarbures, le CO₂ et l'ammoniac. Une contrainte fondamentale réside dans les capacités de conception et d'ingénierie limitées au sein des fabricants locaux pour le développement de systèmes de réfrigération à faible PRP, en particulier les configurations en cascade de CO₂ à plusieurs étages et les applications à forte charge des hydrocarbures. S'ajoutant à cet aspect, la manipulation des frigorigènes inflammables exige une main-d'œuvre qualifiée et des infrastructures de sécurité modernisées, deux éléments qui demeurent insuffisants dans de nombreux pays visés à l'article 5. Par ailleurs, l'absence ou l'obsolescence des normes et méthodes d'essai nationales, notamment celles concernant les essais relatifs aux NMPE des systèmes de réfrigération commerciaux lorsqu'elles sont disponibles, engendrent une incertitude réglementaire supplémentaire susceptible de ralentir la conversion des produits ou leur introduction sur le marché local.

27. Les difficultés d'adoption par le marché intensifient la complexité de la transition. Les hésitations à l'égard des systèmes à base d'hydrocarbures persistent, tout particulièrement du fait des charges de frigorigène importantes, tandis que les systèmes au CO₂, bien que plus largement acceptés dans certaines applications commerciales, exigent un niveau d'expertise technique plus élevé que de nombreux fabricants locaux ne possèdent pas encore. Les craintes en matière de fiabilité demeurent également importantes, avec des pannes fréquentes de compresseurs dans des conditions de fonctionnement à haute température, en particulier dans les climats chauds, ce qui constitue un défi permanent pour la performance constante des systèmes à faible PRP sur le terrain ou un manque de capacité à concevoir correctement des systèmes à base de CO₂ dans de telles conditions de fonctionnement.

Climatisation résidentielle

28. Les obstacles techniques et réglementaires à la conversion des systèmes de climatisation résidentiels concernent principalement les normes de sécurité, les processus de certification et la confiance du marché. Les risques d'inflammabilité associés aux frigorigènes A2L et A3 continuent de peser sur leur acceptation par le

marché, notamment auprès des installateurs, des détaillants et des consommateurs qui demeurent prudents. Ce manque de confiance est encore aggravé par les coûts élevés de certification et de vérification des lignes de fabrication converties, dus au nombre limité de prestataires de services agréés dans de nombreux pays visés à l'article 5. Par ailleurs, la conformité aux exigences de sécurité relatives aux frigorigènes A2L et A3, notamment les limites de charge, les caractéristiques des composants et la formation des installateurs, constitue un obstacle technique supplémentaire et souvent complexe pour les fabricants entreprenant cette conversion.

Climatisation commerciale

29. La conversion des systèmes de climatisation commerciaux est confrontée à des défis techniques complexes qui portent sur la capacité de la main-d'œuvre, l'état de préparation des réglementations et à la connaissance du marché. L'une des principales préoccupations réside dans les capacités locales limitées à concevoir et à fabriquer des équipements configurés pour des frigorigènes à faible PRP, notamment pour les systèmes commerciaux de grande capacité où la complexité technique est particulièrement élevée. Cette situation est aggravée par une pénurie importante de techniciens formés et certifiés pour l'installation, l'entretien et la maintenance des systèmes utilisant des frigorigènes A2L et A3, ce qui compromet la capacité du secteur à assurer sur le terrain le soutien et la durabilité des équipements convertis.

30. Les défis réglementaires et le manque de confiance des marchés compliquent davantage la transition. Dans de nombreux pays, les réglementations nationales en matière de sécurité et les normes techniques relatives aux frigorigènes A2L, tels que le HFC-32, restent incomplètes ou encore en cours d'élaboration, ce qui crée une incertitude pour les fabricants et les installateurs essayant de s'y conformer. Les critères de sécurité liés au transport, à l'installation et à l'entretien des frigorigènes légèrement inflammables continuent d'influer sur la confiance du marché et les décisions d'achat, tandis que la prise de conscience limitée de la part des techniciens, des détaillants et des consommateurs concernant les nouvelles technologies des frigorigènes et les bonnes pratiques de manipulation demeure un frein persistant à leur adoption par le marché.

Questions relatives aux petites et moyennes entreprises

31. Les petits et moyens fabricants sont confrontés à des problèmes de disponibilité particulièrement graves en raison de leur capacité commerciale limitée, de leurs petits volumes de commandes et de leur intégration moindre aux chaînes d'approvisionnement internationales. L'accès aux composants de frigorigène de remplacement est limité du fait de la forte concentration des marchés d'importation, où quelques distributeurs dominent l'offre locale, rendant particulièrement difficile pour les PME ayant des capacités d'approvisionnement limitées d'identifier des sources fiables. Ces difficultés sont encore aggravées par les exigences de commande minimale, les coûts d'importation élevés et la disponibilité en baisse des composants pour les grands systèmes nécessitant des technologies spécifiques, telles que des solutions à base de CO₂ ou d'ammoniac. Par ailleurs, la disponibilité limitée d'outils et d'équipements spécialisés pour les procédés de fabrication à base d'hydrocarbures constitue une contrainte supplémentaire à leur capacité opérationnelle.

32. Les PME se heurtent également à des problèmes de prix accrus témoignant à la fois de leurs désavantages structurels et des exigences spécifiques liées à la transition vers des technologies à faible PRP. Les coûts élevés des composants clés, notamment des compresseurs conçus pour les frigorigènes A3, A2L et CO₂, sont exacerbés du fait des investissements importants requis pour la mise à niveau des infrastructures de sécurité, les équipements de fabrication spécialisés et les composants certifiés ATEX. Ces difficultés sont aggravées par la taille réduite du marché, les risques de taux de change et les structures fiscales nationales qui nuisent à la compétitivité des équipements fabriqués localement, tandis que les économies d'échelle limitées et la très forte concurrence des fabricants multinationaux érodent les marges bénéficiaires et laissent les PME avec des ressources insuffisantes pour la recherche, le développement et l'investissement dans les compétences.

33. Les PME font face à des insuffisances au niveau des techniques et des capacités. En raison de leur accès limité à la formation, à l'assistance technique et au soutien réglementaire, ces entreprises se heurtent à d'importantes lacunes en matière de capacités techniques pour la refonte des systèmes, la sélection des composants, les procédures de sécurité et la gestion des charges de frigorigènes, problèmes aggravés par un accès limité à l'expertise et aux ressources humaines qualifiées, notamment dans les pays ne disposant pas de

programmes de formation professionnelle bien établis dans le domaine des technologies de réfrigération, de climatisation et de pompes à chaleur. Ces difficultés sont encore accentuées par les contraintes de conformité liées à la transition vers les NMPE, les complexités en matière de logistique et de sécurité relatives à la manipulation des frigorigènes inflammables, et le manque généralisé de sensibilisation des PME exploitantes aux réglementations applicables, aux normes techniques et aux mécanismes de soutien disponibles pour la conversion technologique.

34. Un résumé des principales conclusions des différents sous-secteurs est présenté dans un document récapitulatif joint en annexe II au présent document.

Solutions possibles pour prendre en main les défis identifiés

35. Les défis identifiés dans ce document couvrent de multiples dimensions - notamment la sécurité d'approvisionnement, la compétitivité des coûts, les capacités techniques et la préparation réglementaire - qui nécessitent des réponses coordonnées aux niveaux national, régional et international. Les mesures suivantes ont été suggérées dans le cadre des questionnaires reçus et des discussions ayant eu lieu.

36. Pour répondre aux problèmes de disponibilité, les agences d'exécution et les UNO pourraient faciliter la mise en place de mécanismes de regroupement de la demande afin de rassembler les volumes d'achat de différents fabricants, réduisant ainsi la dépendance à l'égard des circuits d'importation individuels et permettant l'accès à des conditions d'approvisionnement plus avantageuses. Il serait bon de compléter ce point en soutenant le développement de centres de distribution régionaux pour les frigorigènes de remplacement et les composants compatibles afin de réduire les délais de livraison et d'améliorer la fiabilité de l'approvisionnement, ainsi qu'en déployant des efforts visant à renforcer les infrastructures locales et régionales de régénération et de récupération des frigorigènes afin de favoriser leur utilisation circulaire lors des opérations de conversion et d'entretien. La résilience de la chaîne d'approvisionnement devrait être intensifiée en encourageant la diversification à l'aide d'une collaboration proactive avec plusieurs fournisseurs qualifiés et en soutenant les mécanismes d'enregistrement et de suivi des fournisseurs afin de lutter contre le risque de frigorigènes contrefaits. Il convient également de promouvoir les plateformes de partage d'informations entre les pays visés à l'article 5 et les agences d'exécution afin d'améliorer les prévisions et l'identification précoce des contraintes d'approvisionnement. Ces mesures permettraient d'assurer des efforts synchronisés et des activités de réduction progressive harmonisées, tout particulièrement pour les PME, allégeant ainsi la charge pesant sur l'industrie.

37. Quant aux questions de prix, on s'attachera à explorer les possibilités de cofinancement à l'aide d'instruments financiers multilatéraux et bilatéraux afin de soutenir les dépenses d'investissements élevées nécessaires à la modernisation des infrastructures de sécurité et à la conversion des sites de fabrication, avec des mécanismes de financement qui prennent en compte et compensent les surcoûts liés à la certification ATEX, à l'alimentation de secours pour systèmes à base de CO₂ et aux équipements de sécurité avancés. L'accès à un financement abordable pour les PME devrait être soutenu par des volets d'assistance technique ou par une coopération avec les institutions de financement du développement, tandis que les économies d'échelle devraient être encouragées en soutenant des projets de conversion sectoriels ou multinationaux permettant l'achat groupé de composants et la réduction des coûts unitaires. Les tendances des prix des matières premières et les risques de change doivent également être surveillés conformément aux cadres de gestion des risques du projet, accompagnés si nécessaire de dispositions relatives aux ajustements budgétaires.

38. Pour répondre aux exigences techniques et autres défis, les efforts devraient se concentrer sur le soutien au développement, à l'harmonisation et à l'application des normes de sécurité nationales et, le cas échéant, régionales pour les applications de frigorigènes A2L, A3 et CO₂, en s'appuyant sur les normes internationales pertinentes, parallèlement à des investissements dans des programmes de formation dédiés et axés sur le marché, destinés aux techniciens, ingénieurs et responsables de la sécurité, sur la manipulation, l'installation et l'entretien en toute sécurité des équipements à faible PRP. Il importe de soutenir la mise en place ou le renforcement d'installations d'essais et de certification accréditées pour les chaînes de fabrication converties afin de permettre une vérification de conformité rentable et rapide. Il faudra également effectuer des évaluations de l'acceptation par le marché et mener des campagnes de sensibilisation ciblant les installateurs,

les détaillants et les consommateurs en vue de renforcer la confiance dans les technologies de remplacement à faible PRP. Les fabricants devront être encouragés à prendre en compte les exigences d'efficacité énergétique dès le début, notamment en préparant la transition vers les obligations des NMPE, et de renforcer les capacités réglementaires des pays visés à l'article 5 afin d'élaborer, d'appliquer et de mettre à jour systématiquement les normes techniques et les réglementations environnementales relatives à la gestion des frigorigènes à faible PRP.

Observations du secrétariat

39. Le secrétariat a également noté que le temps est un facteur essentiel pour surmonter les difficultés liées aux chaînes d'approvisionnement, car la maturité du marché et les économies d'échelle ne peuvent avoir lieu que grâce au développement d'une infrastructure d'approvisionnement plus large, équitable et non monopolistique. Ce point doit s'accompagner de l'acceptation par le marché, de la compétitivité des produits et de la confiance des consommateurs dans les équipements de réfrigération, de climatisation et de pompes à chaleur. Le temps nécessaire pour parvenir à ces conditions varie selon les pays visés à l'article 5 et peut être considérablement plus long dans les pays dont le marché est limité, à moins qu'on ne parvienne à une accélération de l'adoption des technologies à faible PRP au niveau régional.

40. Les difficultés liées à la chaîne d'approvisionnement décrites dans le présent document ne se limitent pas à des projets ou des pays individuels ; elles témoignent des obstacles systémiques à l'adoption à grande échelle des technologies à base de frigorigènes à faible PRP dans le secteur de la réfrigération, de la climatisation et des pompes à chaleur dans les pays visés à l'article 5. Les problèmes de disponibilité, les coûts élevés et le manque de capacités techniques sont étroitement liés et se renforcent mutuellement. Une prise en main efficace impliquera une action coordonnée entre les agences d'exécution, les gouvernements, les parties prenantes de l'industrie et le Fonds multilatéral.

41. La gravité des défis varie considérablement selon les sous-secteurs. La réfrigération commerciale et la fabrication au sein des PME sont confrontées à un ensemble d'obstacles particulièrement complexes, du fait de la diversité des frigorigènes utilisés, des exigences techniques liées à la conception des systèmes et des faibles ressources financières et humaines disponibles. Les sous-secteurs de la climatisation résidentielle et commerciale bénéficient d'une meilleure connaissance du marché en lien avec le HFC-32, mais continuent de se heurter à des obstacles liés à la réglementation, à la certification et à la sensibilisation. Les projets de réfrigération domestique, bien que se trouvant encore dans une première phase de conversion et destinés aux fabricants d'équipement d'origine (OEM) disposant d'une faible capacité de production, rencontreront probablement des difficultés de disponibilité et de coûts à mesure que leur mise en œuvre progresse.

42. Le secrétariat note qu'un environnement proactif et favorable, comprenant des cadres normatifs solides, une main-d'œuvre qualifiée et des chaînes d'approvisionnement diversifiées, est fondamental pour assurer la réussite des projets de conversion. Un soutien du Fonds multilatéral qui tiendra compte non seulement des surcoûts d'investissement, mais aussi des facteurs favorisant la conversion au niveau de la chaîne d'approvisionnement en amont et des capacités, sera essentiel pour mener à bien des transitions technologiques durables à grande échelle.

43. L'analyse présentée dans ce document ne comprend pas de données de prix spécifiques pour les frigorigènes ou les composants des systèmes, qu'il s'agisse d'options conventionnelles ou de remplacement, et n'aborde pas non plus la répartition des parts de marché régionales, en raison de la disponibilité limitée des données et de l'évolution rapide du marché des frigorigènes de remplacement au cours de ces dernières années. Les contraintes économiques découlant de l'instabilité mondiale ou régionale et des restrictions liées au commerce n'entraient pas non plus dans le champ d'application de la présente analyse. Un suivi régulier des difficultés liées à la chaîne d'approvisionnement, à mesure que progressent les projets de préparation des investissements et de conversion, permettrait au Comité exécutif de mieux faire la distinction entre les difficultés susceptibles de se résoudre par le biais de la dynamique du marché et celles qui persistent en tant qu'obstacles structurels nécessitant un soutien plus poussé.

Recommandation

44. Le Comité exécutif pourrait envisager :

- a) De prendre note des difficultés rencontrées dans la mise en œuvre de projets de conversion dans le secteur de la réfrigération, de la climatisation et des pompes à chaleur résultant des problèmes liés à la chaîne d'approvisionnement, ainsi que des moyens possibles pour surmonter ces défis, figurant dans le document UNEP/OzL.Pro/ExCom/98/57 ;
- b) De demander aux agences bilatérales et d'exécution de prendre en compte les difficultés liées à la chaîne d'approvisionnement et les moyens possibles pour y remédier, lors de la conception et de la mise en œuvre des projets de conversion, notamment dans les rapports sur l'avancement des projets et lors de leur achèvement ;
- c) De demander au secrétariat d'inclure, le cas échéant, dans les documents de réunion relatifs aux propositions de projets soumises à l'examen du Comité exécutif, une section consacrée aux difficultés liées à la chaîne d'approvisionnement.

Annexe I

APERÇU DU QUESTIONNAIRE VISANT À RECUEILLIR DES COMMENTAIRES SUR LES PROBLÈMES LIÉS À LA CHAÎNE D'APPROVISIONNEMENT POUR LA RÉFRIGÉRATION, LA CLIMATISATION ET LES POMPES À CHALEUR DANS LE CADRE DES PROJETS DE CONVERSION EN COURS EN VERTU DES KIP

Tableau 1 : Aperçu du questionnaire conçu pour recueillir les expériences des agences d'exécution dans le cadre de la mise en œuvre des conversions concernant la disponibilité, les prix et les aspects techniques des frigorigènes de remplacement et des équipements/composants

Domaine couvert	Exemples de problèmes		
Chaîne d'approvisionnement en frigorigènes de remplacement, pièces et composants, et équipements/composants (chaînes de fabrication et produits finis)	Problèmes de disponibilité	Problèmes de prix	Spécifications techniques et autres obstacles
	Disponibilité sur le marché local	Prix pour les OEM comparé au prix du marché international	Adaptation aux conditions d'exploitation locales
	Possibilité de commander à l'étranger	Prix excessifs dus aux marges des fournisseurs locaux/régionaux	Conformité aux exigences locales en matière de NMPE et d'étiquetage énergétique
	Délais de livraison	Coûts supplémentaires dus au volume d'activité ou aux frais d'expédition	Problèmes liés aux normes ou codes locaux

Tableau 2 : Aperçu du questionnaire conçu pour recueillir les commentaires des UNO par l'intermédiaire des agences d'exécution concernant les obstacles à la chaîne d'approvisionnement locale

Domaine couvert	Exemples de problèmes
Fabricants locaux inclus dans les projets de conversion	Problèmes liés à l'identification des sources d'approvisionnement
	Questions en relation avec les coûts
	Problèmes d'expédition et de dédouanement
	Problèmes liés au coût du produit fini par rapport à la technologie antérieure
Autres fabricants locaux non inclus dans les projets de conversion	Problèmes liés à l'identification des sources d'approvisionnement
	Questions en relation avec les coûts
	Problèmes d'expédition et de dédouanement
	Problèmes liés au coût du produit fini par rapport à la technologie antérieure
Fournisseurs de frigorigènes et de composants	Problèmes liés au volume de la demande
	Problèmes d'expédition et de conditionnement
	Problèmes liés au réseau de distribution
PME	Disponibilité sur le marché local
	Coût des frigorigènes ou des composants
	Capacités techniques en matière de reconception et de sélection des composants appropriés
	Problèmes liés à la sécurité et à la logistique
Questions relatives aux réglementations ou aux normes	Absence ou obsolescence des normes locales relatives aux frigorigènes ou aux produits finis de réfrigération, de climatisation et de pompes à chaleur
	Les nouveaux composants ne respectent pas les exigences locales des NMPE
	Conflit avec les codes du bâtiment
	Problèmes de sécurité pendant le transport, le fonctionnement et l'entretien

Annexe II

RÉSUMÉ DES CONCLUSIONS RELATIVES AUX DIFFICULTÉS RENCONTRÉS PAR LES PAYS VISÉS À L'ARTICLE 5 DANS LA MISE EN ŒUVRE DE PROJETS DE CONVERSION EN RAISON DE PROBLÈMES LIÉS À LA CHAÎNE D'APPROVISIONNEMENT

■ Disponibilité ■ Prix ■ Questions techniques et autres

	Disponibilité	Prix	Questions techniques et autres
Réfrigération commerciale	<ul style="list-style-type: none"> ■ Forte dépendance à l'égard des importations de frigorigènes, des compresseurs et d'autres composants ■ Composants certifiés en nombre limité pour les systèmes à base de CO₂ et HC à grande échelle ■ Retards d'importation, problèmes d'expédition et de dédouanement ■ Contrôles réglementaires insuffisants contre les frigorigènes non conformes 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Investissements importants pour les améliorations de sécurité (ventilation, détection des fuites) ■ Coûts des compresseurs de 30 à 35 % supérieurs pour les systèmes à base de HC et CO₂ ■ Coûts supplémentaires pour les équipements certifiés ATEX et l'alimentation de secours pour systèmes CO₂ ■ Volatilité des prix des matières premières et exposition aux fluctuations des taux de change 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Capacité de conception limitée pour les systèmes en cascade de CO₂ et d'hydrocarbures ■ Manque de main-d'œuvre qualifiée pour la manipulation des frigorigènes inflammables ■ Normes nationales et méthodes d'essai obsolètes ■ Défaillances des compresseurs sous des températures tropicales élevées
Réfrigération domestique	<p>Les projets n'ont pas encore commencé.</p> <p>Les défis attendus incluent des pénuries de compresseurs aux hydrocarbures/ HC/ compatibles, des investissements de sécurité plus élevés et une adaptation des chaînes de fabrication aux frigorigènes inflammables.</p>		
Climatisation résidentielle	<ul style="list-style-type: none"> ■ Le HFC-32 est adéquat mais dépendant des importations ; la base de fournisseurs est limitée. ■ Pénurie historique de compresseurs HFC-32 de grande capacité ■ Regroupement de la demande nécessaire pour déclencher des cycles de production. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Les prix sont liés à la volatilité des marchés internationaux des matières premières ■ Les systèmes à base de HFC-32 sont plus chers que les systèmes avec HFC-22 / R-410A. ■ La hausse des coûts logistiques dépasse les budgets fixes des projets 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Les risques d'inflammabilité limitent l'acceptation par le marché ■ Coûts de certification élevés ; peu de fournisseurs accrédités ■ Conformité aux normes de sécurité : limites de charge, caractéristiques des composants, formation
Climatisation commerciale	<ul style="list-style-type: none"> ■ Forte dépendance à l'égard des compresseurs, du cuivre et des composants électroniques pour onduleurs importés ■ L'approvisionnement en HFC-32 s'est amélioré mais reste instable ; l'infrastructure de stockage est limitée 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Hausse des prix du cuivre et de l'aluminium (échangeurs de chaleur) ■ Investissements élevés pour des composants de pointe à haut rendement énergétique 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Compétences locales limitées pour les systèmes de grande capacité à faible PRP ■ Manque de techniciens certifiés pour les systèmes A2L/A3

	Disponibilité	Prix	Questions techniques et autres
	<ul style="list-style-type: none"> Les fabricants non soutenus par le Fonds multilatéral sont confrontés à des obstacles plus importants en matière d'accès à la technologie 	<ul style="list-style-type: none"> Les PME ayant un accès limité au financement sont confrontés à de fortes pressions sur les coûts 	<ul style="list-style-type: none"> La réglementation en matière de sécurité A2L est encore en évolution dans certains pays.
PME manufacturières	<ul style="list-style-type: none"> Les marchés d'importateurs fortement concentrés en limitent l'accès Exigences minimales pour les commandes et coûts d'importation élevés La disponibilité des composants diminue pour les charges plus importantes Outils spécialisés limités pour la fabrication avec HC 	<ul style="list-style-type: none"> Coûts des compresseurs élevés pour les systèmes HC, A2L et CO₂ Investissement nécessaire pour les mises à niveau de sécurité et les composants ATEX La taille réduite du marché, les risques de change et les taxes nuisent à la compétitivité La concurrence multinationale intense érode les marges 	<ul style="list-style-type: none"> Lacunes importantes dans la refonte du système et les capacités des procédures de sécurité Accès limité à l'assistance technique et au personnel qualifié La transition vers les NMPE alourdit les obligations relatives à la conformité Faible connaissance des réglementations et des mécanismes de soutien