



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



Distr.  
GENERALE

UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11  
8 mai 2019

FRANÇAIS  
ORIGINAL: ANGLAIS

COMITE EXECUTIF  
DU FONDS MULTILATERAL AUX FINS  
D'APPLICATION DU PROTOCOLE DE MONTREAL  
Quatre-vingt-troisième réunion  
Montréal, 27– 31 mai 2019

**RAPPORTS DE SITUATION ET RAPPORTS SUR DES PROJETS COMPORTANT  
DES EXIGENCES PARTICULIÈRES DE REMISE DE RAPPORTS**

1. Le présent document fait le suivi des questions soulevées dans les derniers rapports annuels périodiques et financiers remis à la 82<sup>e</sup> réunion<sup>1</sup> ainsi que des projets et activités pour lesquels des rapports particuliers ont été demandés lors des réunions précédentes.
2. Ce document comprend les sept parties suivantes et un addendum :
  - Partie I : Projets avec des retards de mise en œuvre et pour lesquels des rapports de situation spéciaux ont été demandés
  - Partie II : Projets de destruction des SAO résiduaire
  - Partie III : Utilisation temporaire d'une technologie à potentiel élevé de réchauffement de la planète dans des projets approuvés
  - Partie IV : Rapports concernant les plans de gestion de l'élimination des HCFC (PGEH)
  - Partie V : Projets de démonstration sur des solutions de remplacement des HCFC à faible potentiel de réchauffement de la planète et études de faisabilité sur le refroidissement urbain (décision 72/40)
  - Partie VI : Changement d'agence d'exécution pour la phase II du plan de gestion de l'élimination des HCFC (PGEH) et activités habilitantes pour la réduction progressive des HFC aux Philippines

<sup>1</sup> UNEP/OzL.Pro/ExCom/82/14-19

Partie VII : Demandes de prolongation des activités habilitantes

Add.1 : Contient des rapports, en cinq parties, concernant la Chine (UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11/Add.1)

3. Chaque partie contient une brève description des progrès accomplis et les observations et recommandations du Secrétariat.

## **PARTIE I : PROJETS AVEC DES RETARDS DE MISE EN ŒUVRE ET POUR LESQUELS DES RAPPORTS DE SITUATION SPÉCIAUX ONT ÉTÉ DEMANDÉS**

### **Progrès de la mise en œuvre des projets en 2018**

4. Le Secrétariat a eu des discussions avec les agences bilatérales et d'exécution concernées sur les projets pour lesquels des rapports de situation étaient requis pour la 82<sup>e</sup> réunion. À la suite de ces discussions, plusieurs enjeux ont été réglés de manière satisfaisante.

5. La liste des projets avec des questions en suspens est incluse à l'Annexe I au présent document.

### **Recommandation du Secrétariat**

6. Le Comité exécutif pourrait souhaiter :

(a) Prendre note :

(i) Des rapports de situation remis par les agences bilatérales et d'exécution à la 83<sup>e</sup> réunion, contenus dans le document UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11;

(ii) Que les agences bilatérales et d'exécution feront rapport à la 84<sup>e</sup> réunion sur 54 projets pour lesquels des rapports de situation additionnels ont été recommandés, tel qu'indiqué à l'Annexe I au présent document; et

(b) Approuver les recommandations sur les projets en cours, avec des enjeux particuliers décrits dans la dernière colonne du tableau inclus à l'Annexe I au présent document.

## **RAPPORTS SUR DES PROJETS COMPORTANT DES EXIGENCES PARTICULIÈRES DE REMISE DE RAPPORTS**

7. Le Tableau 1 contient une liste de tous les projets couverts par le présent document, avec de brèves explications sur les enjeux associés.

**Tableau 1. Rapports sur des projets comportant des exigences particulières de remise de rapports, soumis à la 83<sup>e</sup> réunion**

<b>Pays</b>	<b>Titre du projet</b>	<b>Enjeu</b>
<b>II. Projets de destruction des SAO résiduaire</b>		
Cuba	Projet pilote de démonstration sur la gestion et la destruction des SAO résiduaire – rapport final Annexe II: Rapport final	Achevé. Les agences sont priées d'utiliser les conclusions et les recommandations, le cas échéant
<b>III. Utilisation temporaire d'une technologie à potentiel élevé de réchauffement de la planète (PRG) dans des projets approuvés</b>		
Brésil	Utilisation temporaire de formulations de polyols à base de HFC, à PRG élevé (phase I du PGEH)	Continuer de faire rapport car une technologie à faible PRG n'a pas encore été introduite

<b>Pays</b>	<b>Titre du projet</b>	<b>Enjeu</b>
Cuba	Utilisation temporaire d'une technologie à PRG élevé par des entreprises qui s'étaient converties à une technologie à faible PRG (phase I du PGEH)	Continuer de faire rapport car une technologie à faible PRG n'a pas encore été introduite
Liban	Utilisation d'une technologie intérimaire – rapport périodique (phase II du PGEH)	Continuer de faire rapport car une technologie à faible PRG n'a pas encore été introduite
Trinidad et Tobago	Utilisation temporaire d'une technologie à PRG élevé dans une entreprise (phase I du PGEH)	Continuer de faire rapport car une technologie à faible PRG n'a pas encore été introduite. A noter que les soldes d'un projet annulé seront restitués lorsque la prochaine tranche sera présentée
<b>IV. Rapports concernant les plans de gestion de l'élimination des HCFC (PGEH)</b>		
Bahamas	PGEH (phase I – rapport sur l'étude visant à explorer les meilleures options disponibles pour le projet pilote de conversion)	Prier instamment le PNUE de remettre un rapport final mis à jour sur les conclusions de cette étude, à la 84 <sup>e</sup> réunion
Bangladesh	PGEH (phase I – rapport périodique final)	Achevé. Demander la restitution des soldes à la 84 <sup>e</sup> réunion, au plus tard
Egypte	PGEH (phase I – rapport périodique sur le secteur des mousses et l'utilisation temporaire d'une technologie à PRG élevé)	Continuer de faire rapport sur les progrès dans le secteur des mousses et l'utilisation temporaire d'une technologie à PRG élevé car une technologie à faible PRG n'a pas encore été introduite
Guinée équatoriale	PGEH (phase I – rapport sur l'état de signature l'Accord)	Accord signé. Aucune autre exigence de rapport
Honduras	PGEH (phase I – rapport périodique sur les activités du PNUE)	Continuer de faire rapport sur les activités du PNUE et les décaissements
Inde	PGEH (phase I – rapport financier final)	Achevé. 83 405 \$US, plus des coûts d'appui d'agence de 5 838 \$US, ont été restitués à la 83 <sup>e</sup> réunion
Inde	PGEH (phase II – rapport périodique sur l'évaluation des entreprises dans le secteur des mousses)	L'évaluation demandée est encore en cours. Rapport à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion
Indonésie	PGEH (phase I – état de la conversion chez les fabricants de réfrigérateurs et de climatiseurs et dans une entreprise de formulation PT. TSG Chemical)	Continuer de faire rapport sur la situation chez les fabricants de climatiseurs et de réfrigérateurs. A noter que PT. TSG Chemical s'est retirée du PGEH et 301 539 \$US, plus des coûts d'appui d'agence de 22 616 \$US, ont été restitués à la 83 <sup>e</sup> réunion
République islamique d'Iran	PGEH (phase I – rapport périodique final)	Remettre un RAP révisé, incluant le décaissement final et de l'information sur la destruction de l'équipement de référence
Jordanie	PGEH (phase II – changement de technologie dans cinq entreprises, du HFO-1233zd(E) à un agent de gonflage des mousses à base de cyclopentane)	Approuver le changement de technologie en prenant note que les entreprises assumeront tout coût supplémentaire de la conversion du HCFC-141b au cyclopentane
Maldives	PGEH (projet de démonstration sur des solutions de remplacement sans HCFC et à faible PRG pour la réfrigération dans le secteur des pêches)	Remettre le rapport final à la 84 <sup>e</sup> réunion
Macédoine du Nord	PGEH (phase I – rapport périodique sur la conversion de l'entreprise de mousse Sileks)	A noter que l'entreprise de mousse Sileks s'est retirée et que 30 000 \$US, plus des coûts d'appui d'agence de 2 250 \$US, ont été restitués à la 83 <sup>e</sup> réunion
Suriname	PGEH (phase I – rapport périodique sur les enjeux identifiés dans le rapport de vérification)	Prendre note du rapport
Tunisie	PGEH phase I – demande d'annulation du plan sectoriel pour la climatisation et mise à jour de l'Accord Annexe III: Accord révisé	Prendre note du retrait du plan sectoriel pour la climatisation et de la révision de l'Accord; demander aux agences de restituer 900 489 \$US associés au plan sectoriel pour la climatisation, à la 84 <sup>e</sup> réunion

Pays	Titre du projet	Enjeu
<b>V. Projets de démonstration sur des solutions de remplacement à faible PRG et études de faisabilité sur le refroidissement urbain</b>		
Egypte	Démonstration d'options à faible coût pour la conversion à des technologies sans SAO dans les mousses de polyuréthane (PU) chez de très petits utilisateurs (rapport périodique, rapport final étaient attendus à la 83 <sup>e</sup> réunion)	Prolonger la date d'achèvement du projet jusqu'au 31 juillet 2019, à titre exceptionnel, en prenant note des progrès substantiels accomplis jusqu'à présent, étant entendu qu'aucune autre prolongation ne serait sollicitée et demander au PNUD de soumettre le rapport final à la 84 <sup>e</sup> réunion, au plus tard
Région Europe et Asie centrale	Développement d'un centre d'excellence régional pour la formation et la certification et la démonstration des frigorigènes de remplacement à faible PRG (rapport périodique, rapport final étaient attendus à la 84 <sup>e</sup> réunion)	Prolonger la date d'achèvement du projet jusqu'au 31 décembre 2019, à titre exceptionnel, en prenant note des progrès substantiels accomplis jusqu'à présent, étant entendu qu'aucune autre prolongation ne serait sollicitée et demander au gouvernement de la Fédération de Russie de soumettre le rapport final à la 85 <sup>e</sup> réunion, au plus tard
Koweït	Projet de démonstration pour évaluer la performance d'une technologie sans HCFC et à faible PRG dans des applications de climatisation (rapport périodique)	Annuler le projet et demander au PNUD de restituer 293 000 \$US, plus les coûts d'appui d'agence de 20 510 \$US, à la 84 <sup>e</sup> réunion
Maroc	Projet de démonstration sur l'utilisation d'une technologie de mousse au pentane, à faible coût, pour la conversion à des technologies sans SAO dans le secteur de fabrication de mousse PU dans des PME (rapport périodique et rapport final étaient attendus à la 83 <sup>e</sup> réunion)	Prolonger la date d'achèvement du projet jusqu'au 30 septembre 2019, en prenant note des avancements dans la mise en œuvre et de la reproduction potentielle des résultats dans plusieurs pays visés à l'article 5, et demander à l'ONUDI de soumettre le rapport final sur le projet à la 84 <sup>e</sup> réunion et de restituer tous les soldes restants d'ici la 85 <sup>e</sup> réunion.
Arabie saoudite	Projet de démonstration chez les fabricants d'équipements de climatisation pour développer des climatiseurs de fenêtre et monoblocs qui utilisent des frigorigènes à faible PRG (rapport final) Annexe IV: Rapport final	Achevé. Les agences sont priées de tenir compte du rapport final lorsqu'elles aident des pays visés à l'article 5 dans la préparation de projets pour la fabrication de climatiseurs monoblocs qui utilisent des frigorigènes à faible PRG
Arabie saoudite	Projet de démonstration sur la promotion de frigorigènes à base de HFO et à faible PRG pour le secteur de la climatisation dans les pays à température ambiante élevée (rapport périodique et rapport final étaient attendus à la 83 <sup>e</sup> réunion)	Prolonger la date d'achèvement du projet jusqu'au 31 décembre 2019, en prenant note des avancements dans la mise en œuvre et de la reproduction potentielle des résultats dans plusieurs pays visés à l'article 5, et demander à l'ONUDI de soumettre le rapport final sur le projet à la 85 <sup>e</sup> réunion et de restituer tous les soldes restants d'ici la 86 <sup>e</sup> réunion.
Arabie saoudite	Projet de démonstration pour l'élimination des HCFC par l'utilisation de HFO comme agent de gonflage dans les applications de mousse pulvérisée dans les pays à température ambiante élevée (rapport périodique et rapport final étaient attendus à la 83 <sup>e</sup> réunion)	Prolonger la date d'achèvement du projet jusqu'au 31 octobre 2019, à titre exceptionnel, en prenant note des progrès substantiels accomplis jusqu'à présent, étant entendu qu'aucune autre prolongation ne serait sollicitée et demander à l'ONUDI de soumettre le rapport final à la 84 <sup>e</sup> réunion, au plus tard
Thaïlande	Projet de démonstration dans des entreprises de formulation de mousses en Thaïlande afin de formuler des polyols pré-mélangés pour des applications de mousse PU pulvérisée, utilisant un agent de gonflage à faible PRG (rapport final) Annexe V: Rapport final	Achevé. Les agences sont priées de tenir compte du rapport final lorsqu'elles aident des pays visés à l'article 5 dans la préparation de projets pour les mousses pulvérisées, avec agent de gonflage à base de HFO
Asie occidentale (régional)	Projet de démonstration sur la promotion de frigorigènes de remplacement pour la climatisation dans les pays à température ambiante élevée en Asie occidentale –	Prolonger la date d'achèvement du projet jusqu'au 15 novembre 2019 afin d'achever les activités en cours et demander au PNUD et à l'ONUDI de soumettre le rapport final à la 84 <sup>e</sup> réunion, au plus tard et de

Pays	Titre du projet	Enjeu
	PRAHA II (rapport périodique et rapport final étaient attendus à la 83 <sup>e</sup> réunion)	restituer tous les soldes restants d'ici la 85 <sup>e</sup> réunion
Koweït	Étude de faisabilité comparative de trois technologies de nature différente pour utilisation dans la climatisation centrale (rapport final) Annexe VI: Rapport final	Achevé. Soumettre le RAP et restituer tout solde à la 84 <sup>e</sup> réunion
<b>VI. Demande de changement d'agence d'exécution pour la mise en œuvre de la phase II du PGEH</b>		
Philippines	Phase II du PGEH et activités habilitantes (demande de changement d'agence d'exécution) Annexe VII: Accord révisé	Prendre note que la Banque mondiale a restitué, à la 83 <sup>e</sup> réunion, 1 010 023 \$US, plus des coûts d'appui d'agence de 70 701 \$US, provenant du PGEH et 225 992 \$US, plus des coûts d'appui d'agence de 15 819 \$US, provenant des activités habilitantes; et approuver le transfert de ces fonds à l'ONUDI. Prendre note de la mise à jour de l'Accord de PGEH
<b>VII. Demandes de prolongation des activités habilitantes</b>		
Divers	Demandes de prolongation des activités habilitantes	Prolonger la date d'achèvement jusqu'en décembre 2019 pour trois pays ou jusqu'en juin 2020 pour 48 pays dont la liste figure au Tableau 15, étant entendu qu'aucune autre prolongation ne serait sollicitée et que les agences soumettront un rapport final dans les six mois suivant la date d'achèvement du projet

## PARTIE II : PROJETS DE DESTRUCTION DES SAO RÉSIDUAIRES

### Contexte

8. À sa 79<sup>e</sup> réunion, le Comité exécutif a demandé, *entre autres*, aux agences bilatérales et d'exécution de remettre leurs rapports finaux sur les projets pilotes d'élimination définitive des SAO en instance<sup>2</sup> autres que ceux pour le Brésil et la Colombie, et de retourner, à la 82<sup>e</sup> réunion, les soldes non dépensés des projets dont les rapports n'ont pas été remis à la 80<sup>e</sup> ou à la 81<sup>e</sup> réunion (décision 79/18(d)). Le Comité exécutif a examiné un rapport de synthèse sur tous les projets pilotes d'élimination définitive des SAO achevés, à la 82<sup>e</sup> réunion.<sup>3</sup> Ce rapport n'incluait pas le projet pour Cuba puisque le rapport final n'avait pas été achevé à temps. À la 82<sup>e</sup> réunion, le Comité exécutif a décidé d'exhorter l'ONUDI de restituer les soldes restants du projet régional de gestion et d'élimination des SAO résiduares en Europe et en Asie centrale à la 83<sup>e</sup> réunion, conformément à la décision 79/18 d); et d'exhorter le PNUD de présenter le rapport final du projet de démonstration sur la gestion et la destruction des SAO résiduares à Cuba, qui avait été achevé en 2015, le plus tôt possible et au plus tard à la 83<sup>e</sup> réunion (décision 82/41(c) et (d)(ii)).

Cuba : Projet pilote de démonstration sur la gestion et la destruction des SAO résiduares – rapport final (PNUD)

9. Le PNUD, à titre d'agence d'exécution désignée, a remis le rapport final sur la mise en œuvre du projet pilote de démonstration sur la gestion et la destruction des SAO résiduares à Cuba, conformément à la décision 82/41(d)(ii). Le rapport complet est joint comme Annexe II au présent document.

10. Le projet pour Cuba proposait la destruction de 45,3 tonnes métriques (tm) de SAO résiduares qui avaient déjà été récupérées<sup>4</sup> dans le cadre du Programme énergétique gouvernemental<sup>5</sup> et la

<sup>2</sup> Les rapports finaux des projets pilotes pour la Géorgie, le Ghana et le Népal ont été remis à la 79<sup>e</sup> réunion tandis que ceux pour la région Europe et Asie centrale (ECA) et le Mexique ont été remis à la 80<sup>e</sup> réunion.

<sup>3</sup> UNEP/OzL.Pro/ExCom/82/21.

<sup>4</sup> UNEP/OzL.Pro/ExCom/62/28.

démonstration d'une méthode rentable de récupération, d'entreposage et de destruction des SAO indésirables en utilisant un four à ciment.

11. Le rapport final a fourni des détails sur la mise en œuvre du projet; le renforcement du système national de récupération des frigorigènes, notamment le système de récupération et de transport des frigorigènes récupérés; la conception et la construction d'une installation de destruction des frigorigènes.

12. Le projet indiquait que Cuba avait récupéré et regroupé des SAO résiduaire à travers les ateliers locaux d'où les SAO récupérées étaient envoyées vers des centres municipaux, puis regroupées dans des centres de récupération désignés plus importants, situés dans les grandes villes et dans les provinces. Les frigorigènes récupérés étaient ensuite pesés, identifiés et séparés en matériel recyclable et à détruire.

13. Les substances identifiées pour destruction étaient transportées dans un camion spécialement conçu à cet effet et équipé des instruments appropriés (par ex. réservoirs avec des valves de sécurité, jauges de pression, une valve de purge d'huile, un regard pour le nettoyage, des machines de haute capacité pour le transfert et la récupération de frigorigènes) vers les centres d'entreposage et finalement vers l'installation de destruction. La totalité du processus était consignée dans des registres d'autorisation.

14. La technologie sélectionnée pour la destruction des SAO indésirables implique un four rotatif à ciment, employant un procédé humide. Quelques modifications ont dû être apportées à l'installation (cimenterie Siguaney), telles que l'automatisation de la ligne de combustion au gaz dans le four existant, l'installation d'un nouveau panneau de contrôle et de lignes d'alimentation pour l'air, le combustible et l'eau, et un port d'alimentation pour le gaz résiduaire. Des travaux de génie civil ont été effectués pour établir une zone d'entreposage des bouteilles de frigorigènes et autres équipements et un système de prévention des incendies a été installé. Le projet a dû obtenir un permis du ministère des Sciences, de la technologie et de l'environnement.

15. Cette installation avait une capacité nominale de destruction de 10 tonnes/an. Au total, 1,745 tm de SAO (soit 0,268 tm de CFC-11, 1 262 tm de CFC-12 et 0,215 tm de HCFC-22) ont été détruites dans cette installation de 2015 à 2016 et en 2018; il n'y a eu aucune destruction de SAO en 2017.

16. Un des défis identifiés durant la mise en œuvre du projet a été le transport des frigorigènes récupérés vers les plus grands centres de récupération et l'installation de destruction. Il a fallu concevoir et acquérir un véhicule spécialisé (c.-à-d. un atelier mobile) avec des caractéristiques spécifiques. Les autres défis rencontrés incluaient : le manque de capacité des plus petits ateliers pour récupérer des frigorigènes; le retard dans la récupération et le transport des gaz réfrigérants; le retard dans l'importation et l'installation subséquente de l'équipement requis pour l'installation de destruction; et la formation supplémentaire requise pour les opérateurs du four afin de s'adapter aux contrôles automatiques nouvellement installés sur le système assemblé de destruction. Des retards sont survenus aussi dans le processus de destruction, causés par des pannes inattendues à la cimenterie, des problèmes d'approvisionnement en eau dus à une grave sécheresse dans la région et des pannes dues au manque de pièces de rechange.

17. Les enseignements tirés pendant la mise en œuvre du projet incluaient l'importance de la coordination entre les différentes institutions impliquées dans le projet, le suivi de la progression des tâches et la résolution la plus rapide possible des problèmes pour éviter des retards dans la mise en œuvre du projet; la planification avancée des dispositions logistiques pour le transport des SAO résiduaire récupérées vers une installation de destruction; et la prise en compte des défis et des retards possibles lors

---

<sup>5</sup> Dans le cadre du programme énergétique, plus de 2,7 millions de réfrigérateurs et 276 000 unités de climatisation, dont l'âge moyen était de 20 à 60 ans, ont été mis hors service par le gouvernement et remplacés par des unités éco-énergétiques entre 2005 et 2010.

de la sélection d'usines existantes plus vieilles qui pourraient servir d'installation potentielle de destruction des SAO.

### **Observations du Secrétariat**

18. Le projet proposait la destruction de 45,3 tm de SAO résiduares, récupérées à travers le Programme énergétique gouvernemental; toutefois seulement 1,75 tm ont été détruites. Ceci est dû à une combinaison de facteurs liés aux difficultés de démarrage des activités à l'installation de destruction. En outre, le faible niveau de production de la cimenterie a limité la quantité de SAO résiduares qui pouvait être détruite.<sup>6</sup> La cimenterie est opérationnelle actuellement et on s'attend à ce que la destruction des SAO résiduares restantes, récupérées dans le cadre du Programme énergétique gouvernemental et stockées dans un entrepôt du ministère du Commerce intérieur, se poursuive.

19. Clarifiant l'approche utilisée pour le suivi et la vérification des quantités de SAO détruites dans l'installation, le PNUD a expliqué qu'aucun nouveau système de suivi avait été développé mais plutôt que l'entreprise elle-même enregistrait les quantités de SAO résiduares placées dans le four et en confirmait la destruction par un calcul associé à la production de ciment qui en résultait. Cette quantité était communiquée à l'Unité nationale de l'ozone pour enregistrement. Le PNUD a précisé que la destruction et l'efficacité d'élimination de l'installation de destruction choisie n'avaient pas été calculées, ni vérifiées.

20. Le PNUD a expliqué aussi qu'aucun test n'avait été effectué sur les émissions des cheminées de la cimenterie car les laboratoires identifiés en mesure d'analyser ces émissions, soit, ne voulaient pas travailler dans le pays, ou ne pouvaient opérer à Cuba en raison du blocus économique. Étant donné l'âge de la cimenterie, elle ne possédait pas de plate-forme d'échantillonnage installée, ce qui rendait difficile la collecte d'échantillons.

21. Quant à la destruction durable des SAO dans le pays suite au projet pilote, le PNUD a signalé que le projet avait contribué à mettre fin au cycle de vie des SAO, offrant au pays une option écologique pour la destruction des SAO résiduares. Les résultats du projet pilote ont révélé les difficultés d'une destruction durable des SAO dans les pays à faible volume de consommation, en raison des petites quantités de déchets récupérées; toutefois ils ont aussi fourni au pays une occasion de modifier un four à ciment qui pourrait servir à la destruction des SAO dans l'avenir lorsque des flux de déchets deviendront disponibles.

### **Recommandation**

22. Le Comité exécutif pourrait souhaiter :

- (a) Prendre note du rapport final sur le projet pilote de démonstration sur la gestion et la destruction des SAO résiduares à Cuba, tel que soumis par le PNUD et contenu dans le document UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11; et
- (b) Demander aux agences bilatérales et d'exécution d'appliquer, le cas échéant, les conclusions et recommandations du projet pilote de démonstration sur la gestion et la destruction des SAO résiduares à Cuba.

### **PARTIE III: UTILISATION TEMPORAIRE D'UNE TECHNOLOGIE À POTENTIEL ÉLEVÉ DE RÉCHAUFFEMENT PLANÉTAIRE DANS DES PROJETS APPROUVÉS**

---

<sup>6</sup> Une quantité maximale de 0,1kg par tonne de ciment peut être injectée, ce qui garantit la destruction complète des gaz.

23. Conformément à la décision 74/20, les agences bilatérales et les agences d'exécution ont rendu compte à la 83<sup>e</sup> réunion de l'utilisation d'une technologie temporaire à PRP élevé au Brésil, à Cuba, au Liban, et à Trinité-et-Tobago, comme le décrit cette section. L'Égypte et l'Indonésie ont également rendu compte de l'utilisation temporaire de solutions de rechange à PRP élevé, qui sera abordée dans la Partie IV avec d'autres questions liées à leurs PGEH.

Brésil: Utilisation temporaire de systèmes de polyols à PRP élevé (phase I du plan de gestion de l'élimination de HCFC) (PNUD et le gouvernement d'Allemagne)

## Historique

24. À la 80<sup>e</sup> réunion, le PNUD a soumis le rapport périodique annuel sur l'exécution du programme de travail lié à la cinquième tranche du PGEH pour le Brésil.<sup>7 8</sup> Le PNUD a expliqué que deux entreprises de formulation (Shimtek et U-Tech) avaient demandé l'utilisation temporaire de systèmes de polyols à base de HFC avec un PRP élevé, puisque les hydrofluorooléfines (HFO) n'étaient pas encore disponibles à une échelle commerciale dans le pays. Les deux entreprises ont signé l'engagement de cesser l'utilisation temporaire des mélanges de HFC lorsque les HFO étaient disponibles sur le marché, et les systèmes ont été établis et optimisés sans entraîner de coûts supplémentaires au Fonds multilatéral.

25. À l'issue d'un entretien, le Comité exécutif a demandé au PNUD de continuer à aider Shimtek et U-Tech à assurer l'alimentation des technologies alternatives retenues, étant entendu que tous surcoûts d'exploitation ne seraient pas payés tant que la technologie de remplacement initialement retenue ou une autre technologie avec un faible PRP n'aurait pas été complètement introduite. Le PNUD a également été invité à rendre compte de l'utilisation de la technologie intérimaire retenue par les entreprises de formulation à chaque réunion jusqu'à ce que la technologie initialement sélectionnée ou une autre technologie avec un faible PRP ait été complètement introduite (décision 80/12(e)), ainsi qu'une mise à jour par les fournisseurs sur les progrès réalisés pour assurer la disponibilité commerciale des technologies retenues et des éléments connexes dans le pays (décision 81/9(b)).

26. Conformément aux décisions 80/12(e) et 81/9(b), le PNUD a indiqué que Shimtek a cessé d'utiliser les HFC, préférant une technologie à base d'eau pour remplacer les HFO dans la production de mousse souple, et utilisant ses propres ressources pour apporter les modifications nécessaires dans les formules. L'entreprise a indiqué que le plus grand obstacle à la production de systèmes à des coûts compétitifs reste les coûts élevés des HFO sur le marché national.

27. U-Tech continue d'utiliser temporairement le HFC-134a dans la production du système de mousse, parce que les premiers essais avec des produits de remplacement à faible PRP n'avaient pas donné de résultats satisfaisants, soulevant des problèmes persistants de stabilité et de réactivité du système. Après avoir attendu de mars à septembre 2018 pour avoir des échantillons de HFO-1234ze pour d'autres essais, l'entreprise a décidé d'importer ces échantillons directement, sans l'intervention du fournisseur de HFO. Les échantillons font actuellement l'objet de congés douaniers. U-Tech a indiqué que le processus d'acquisition des échantillons a présenté de grandes difficultés en raison de la présence d'un seul fournisseur de HFO sur le marché. L'entreprise de formulation a également confirmé que les coûts actuels des HFO gazeux ne permettent pas de substitution dans ce secteur pour l'entreprise.

## Observations du Secrétariat

---

<sup>7</sup> La cinquième et la dernière tranche de la phase I du PGEH a été approuvée à la 75<sup>e</sup> réunion pour un coût total de 2 035 094 \$US, soit 1 470 700 \$US plus des coûts d'appui d'agence de 110 313 \$US pour le PNUD, et 409 091 \$US plus des coûts d'appui d'agence de 45 000 \$US pour l'Allemagne.

<sup>8</sup> UNEP/OzL.Pro/ExCom/80/34.

28. Le Secrétariat a pris note des efforts du PNUD et des deux entreprises de formulation pour assurer l'alimentation en agents de gonflage de mousses à faible PRP. Dans le cas de Shimtek, le Secrétariat note que la question a été résolue par l'introduction de technologie à base d'eau, qui peut être utilisée dans des applications de mousses flexibles (le sous-secteur couvert dans la phase I par Shimtek). Le coût additionnel de la reformulation du système a été assumé par l'entreprise de formulation.

29. Constatant que Shimtek n'a pas été en mesure d'introduire le HFO-1233zd(E) dans la phase I, et que plusieurs entreprises de formulation (Shimtek, U-Tech, Comfibras, Basf et Dow) devaient introduire les HFO dans multiple applications dans de nombreux utilisateurs en aval, le Secrétariat a demandé comment le problème est abordé. Le PNUD a indiqué que durant la phase II, les entreprises de formulation ont exprimé leur intention de travailler avec de multiples options technologiques (formiate de méthyle (FM), méthylal, HFO et à base d'eau), afin de mieux répondre aux besoins particuliers de leurs clients. Le PNUD considère qu'une consommation de HFO sur une plus grande échelle permettrait d'avoir un meilleur rapport coût-avantages à long terme.

30. Dans le cas de U-Tech, le PNUD a indiqué que le prix des échantillons de HFO-1234ze était de 22,00 \$US/kg, excluant les coûts d'importation directe et de douane; ces coûts pourrait rendre impossible la participation continue de U-Tech dans ce secteur du marché (système de gonflage de mousse). Le PNUD continue d'analyser la situation avec l'entreprise de formulation.

31. Afin de mieux comprendre la situation, le Secrétariat a demandé au PNUD d'indiquer aussi les prix par kg d'autres agents de gonflage (soit HCFC-141b, HFC-245fa, HFC-134a et HFO-1233zd(E)) pour les utilisateurs de mousses pour les trois dernières années (ou le coût des échantillons, si ces produits ne sont pas encore disponibles sur le marché). Le PNUD a indiqué que ces informations ne sont pas encore disponibles, que le BNO ne dispose pas encore de ces données et que les entreprises de formulation ne sont pas prêtes à les partager.

32. Le PNUD continuera de rendre compte de tout progrès supplémentaires réalisé par U-Tech conformément à la décision 80/12(e).

### **Recommandation du Secrétariat**

33. Le Comité exécutif est invité:

- (a) À prendre note, avec satisfaction, du rapport soumis par le PNUD et des efforts déployés pour faciliter l'apport de technologies avec un faible Potentiel de réchauffement planétaire (PRP) aux entreprises de formulation Shimtek et U-Tech, financées au titre de la phase I du plan de gestion de l'élimination des HCFC pour le Brésil, figurant dans le document UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11;
- (b) À noter l'introduction d'une technologie à faible PRP par l'entreprise de formulation Shimtek; et
- (c) À demander au PNUD de continuer à aider le gouvernement du Brésil à assurer l'apport de technologies de remplacement à faible PRP à l'entreprise de formulation U-Tech, étant entendu qu'aucun surcoût d'exploitation ne serait payé avant que la technologie initialement retenue ou une autre technologie à faible PRP ne soit introduite entièrement, et de soumettre un rapport sur l'avancement de la reconversion à chaque réunion du Comité exécutif jusqu'à ce que la technologie initialement retenue ou une autre technologie à faible PRP soit introduite entièrement, ainsi qu'une mise à jour par les fournisseurs sur les progrès réalisés pour assurer que les technologies retenues, incluant les éléments connexes, soient disponibles commercialement dans le pays.

Cuba: Utilisation temporaire d'une technologie à PRP élevé par des entreprises qui ont été reconverties à une technologie à faible PRP (phase I du plan de gestion de l'élimination des HCFC) (PNUD)

## Historique

34. À la 77<sup>e</sup> réunion, le Gouvernement de Cuba a soumis une demande d'approbation de la troisième tranche de la phase I de son PGEH,<sup>9</sup> indiquant que, bien que deux entreprises de mousses PU (à savoir Friarc et IDA) aient reçu une assistance pour la reconversion à une technologie de gonflage à base d'eau (une technologie à faible PRP), elles utilisent actuellement, sur une base temporaire, un mélange de HFC-365mfc et de HFC-227ea (une technologie à PRP élevé), parce que la technologie initialement retenue n'était pas disponible, et ne donne pas des performances d'isolation requises.

35. Saisi de la question, le Comité exécutif a demandé au PNUD de continuer à aider le Gouvernement à assurer la disponibilité de technologie à faible PRP et de rendre compte de la situation de l'utilisation de la technologie intérimaire à chaque réunion jusqu'à ce que la technologie initialement retenue ou une autre technologie à faible PRP soit totalement introduite et que les entreprises aient été reconverties (décision 77/50(b)), ainsi qu'une analyse détaillée des surcoûts d'investissement et d'exploitation en cas d'utilisation d'une technologie autre que celle qui avait été sélectionnée à l'approbation du projet, et une mise à jour par les fournisseurs des progrès réalisés pour assurer que les technologies retenues, incluant les éléments connexes, soient disponibles sur une base commerciale dans le pays (décision 81/10(b)).

36. Conformément aux décisions 77/50(b) et 81/10(b), le PNUD a indiqué que des systèmes à base de HFO ont été fournis par une entreprise de formulation régionale pour des essais menés aux deux entreprises en novembre 2018. La première série d'essais ayant donné des résultats peu satisfaisants, le fournisseur s'est rendu récemment à Cuba pour mener une deuxième série d'essais. Dans le cas de Friarc, l'entreprise avait utilisé une plus grande quantité d'isocyanate que nécessaire dans la première série d'essais; le 26 mars 2019, une deuxième série d'essai a été lancée en présence du fournisseur. Dans le cas de IDA, les deux séries d'essais ont été peu satisfaisantes, en raison de problèmes de stabilité avec les polyols. Le fournisseur enverra de nouveaux échantillons pour d'autres essais. Entretemps, les entreprises continueront d'utiliser un agent de gonflage à PRP élevé.

## Observations du Secrétariat

37. Le Secrétariat prend note des efforts du PNUD pour aider les deux entreprises à Cuba à assurer la fourniture d'agents de gonflage à faible PRP. Le Secrétariat a demandé des données sur l'offre et le coût du HFO-1233zd(E), en notant que la solution de remplacement s'est avérée techniquement possible, mais qu'elle doit aussi être commercialement disponible à un prix abordable; il n'y a pas encore d'information sur les prix des systèmes à base de HFO à Cuba. Le Secrétariat a aussi demandé le prix/kg de l'agent de gonflage utilisé temporairement (mélange de HFC-227ea/HFC-365mfc), mais il n'a pas encore reçu de réponse au moment de la publication du présent document.

## Recommandation du Secrétariat

38. Le Comité exécutif est invité:

- (a) À prendre note, avec satisfaction, du rapport présenté par le PNUD et des efforts déployés pour faciliter l'apport de technologies à faible potentiel de réchauffement planétaire (PRP) aux entreprises Friarc et IDA financées dans la phase I du plan de gestion de l'élimination de HCFC pour Cuba, figurant dans le document UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11; et

---

<sup>9</sup> UNEP/OzL.Pro/ExCom/77/39.

- (b) À demander au PNUD de continuer à aider le Gouvernement de Cuba à assurer l'apport de technologies de remplacement à faible PRP et à présenter à la 84<sup>e</sup> réunion un rapport sur l'état de la reconversion des deux entreprises mentionnées à l'alinéa (a), incluant, en cas d'utilisation d'une technologie autre que celle choisie initialement lorsque le projet a été approuvé, une analyse détaillée des surcoûts d'investissement et d'exploitation, ainsi qu'une mise à jour par les fournisseurs des progrès réalisés pour assurer que les technologies retenues, incluant les éléments connexes, soient disponibles dans le pays sur une base commerciale.

Liban: Utilisation d'une technologie intérimaire (phase II du plan de gestion de l'élimination des HCFC – rapport périodique) (PNUD)

### Historique

39. Le PNUD, en sa qualité d'agence d'exécution désignée, a soumis au nom du Gouvernement du Liban, un rapport périodique sur la mise en œuvre des reconversions de cinq entreprises dans les secteurs de la fabrication de mousses, de la réfrigération et de la climatisation (AC), dans le contexte de la phase II du PGEH, conformément aux décisions 82/25(b)(i)<sup>10</sup> et (ii).<sup>11</sup>

### Rapport périodique

40. Le PNUD a indiqué que les reconversions d'Iceberg<sup>12</sup> et Frigo Liban<sup>13</sup> ont été réalisées, résultant dans l'élimination de 1,61 tonnes PAO de HCFC-22 et 1,54 tonnes PAO de HCFC-141b. La reconversion d'UNIC au HFC-32 a débuté en avril 2019 et devrait se terminer en décembre 2019, donnant une élimination de 0,88 tonnes PAO de HCFC-22. Dans le cas des deux autres entreprises, CGI Halawany et ICR, les négociations se poursuivent avec les entreprises concernant l'introduction de la technologie à base de HFC-32. La reconversion de ces deux entreprises est prévue pour la fin de 2020.

41. Le PNUD a aussi indiqué que les fonds attribués aux entreprises de climatisation et de mousses étaient conformes au montant révisé de financement au niveau des entreprises, tels que soumis à la 81<sup>e</sup> réunion, lorsque la deuxième tranche de la phase II du PGEH a été approuvée. Le Gouvernement du Liban et le PNUD ont continué à surveiller ces attributions de fonds pour assurer une reconversion efficace par rapport aux coûts de l'ensemble du secteur, dans les limites du financement global approuvé, et ils ont confirmé que tout solde des fonds restants à la fin des reconversions seront restitués au Fonds multilatéral.

42. Le plan dans le secteur des mousses de la phase II du PGEH inclue une assistance technique pour la reconversion de 11 petites et moyennes entreprises utilisant 37,9 tm (4,17 tonnes PAO) de HCFC-141b pour l'isolation dans la production de chauffe-eaux solaires et électriques. Le PNUD a indiqué qu'en ce qui concerne la reconversion des entreprises de mousses, la non-disponibilité continue sur le marché de systèmes à base de HFO reste problématique, surtout pour les petites entreprises. Le Gouvernement

<sup>10</sup> Demander au PNUD de continuer d'aider le gouvernement du Liban pour assurer la fourniture d'une technologie de remplacement à faible PRG et de soumettre un rapport sur l'état de la reconversion d'Iceberg SARL et de CGI Halawany, à chaque réunion, jusqu'à ce que la technologie sélectionnée initialement ou une autre technologie à faible PRG soit pleinement adoptée, accompagné d'un compte rendu de la part des fournisseurs sur les progrès accomplis pour assurer que les technologies choisies, et les composants qui s'y rapportent, sont vendus au pays.

<sup>11</sup> De faire rapport à la 83<sup>e</sup> réunion sur l'avancement et l'état de la mise en œuvre de la reconversion, y compris la répartition des fonds, dans les entreprises restantes : Frigo Liban, UNIC, CGI Halawany et Industrial et Commercial Refrigerator (ICR).

<sup>12</sup> L'entreprise avait éliminé 0,69 tonnes PAO de HCFC-22 et 1,54 tonnes PAO de HCFC-141b et a été reconvertie à des produits de remplacement aux HFC-32 et HFC-365mfc, respectivement, où le HFC-365mfc est utilisé comme une technologie de remplacement intérimaire.

<sup>13</sup> L'entreprise s'était reconvertie au HFC-32 et a éliminé 0,92 tonnes PAO de HCFC-22.

recherche d'autres agents de gonflage à faible PRP qui pourraient faciliter la reconversion de toutes les autres applications/entreprises de mousse (SPEC, Prometal et le secteur des chauffe-eaux solaires et électriques) de façon rentable et durable. Toutefois, comme l'interdiction de HCFC-141b prendra effet en janvier 2020, l'absence de solutions de remplacement à faible PRP commercialement disponibles sur le marché local, le Gouvernement a dû envisager aussi la possibilité d'utiliser temporairement des agents de gonflage à base de HFC pour assurer l'élimination du HCFC-141b dans les entreprises de mousse restantes. Une situation similaire avait été évoquée à la 81<sup>e</sup> réunion, où une entreprise dans le secteur de la fabrication de climatiseurs a utilisé du HFC-365mfc comme agent de gonflage pour la reconversion de l'élément mousses.

43. Le Gouvernement du Liban a exprimé ses préoccupations concernant l'utilisation de systèmes à base de HFO prémélangés dans les petites entreprises lorsqu'ils deviendront disponibles, car les consultations avec des experts en mousses ont révélé que ces systèmes exigent des catalyseurs et des stabilisateurs particuliers très coûteux.

### **Observations du Secrétariat**

44. Le Secrétariat a pris note des efforts du PNUD pour aider les entreprises de mousses restantes, surtout les petites entreprises, pour examiner d'autres produits de remplacement des agents de gonflage à faible PRP compte tenu des difficultés continues à assurer la disponibilité des HFO. Le PNUD a été invité à assurer que, si des options à PRP élevé étaient utilisées (telles que le HFC-245fa), le Comité exécutif serait avisé en conséquence. Il a été réitéré qu'en raison de l'interdiction d'utiliser et d'importer des HCFC-141b à partir de janvier 2020, les entreprises ont été obligées de se reconvertir au plus tôt à des technologie sans SAO.

45. Concernant Iceberg, qui a terminé sa reconversion en 2017, le PNUD a indiqué que l'entreprise a continué à utiliser le HFC-365mfc pour les mousses d'isolation, conformément aux problèmes signalés dus à l'absence de systèmes à base de HFO sur le marché local. Le PNUD a également confirmé que l'entreprise s'était engagée à se reconvertir aux systèmes à base de HFO ou à d'autres produits de remplacement à faible PRP pour la mousse d'isolation, en utilisant ses propres ressources, dès que ces produits deviendront disponibles.

46. Il a été noté que le PNUD et le Gouvernement du Liban continueront de surveiller les fonds attribués à chaque entreprise et que le niveau révisé de financement des entreprises convenu à la 81<sup>e</sup> réunion serait utilisé pour établir des accords avec les entreprises. Le PNUD a confirmé qu'une fois la reconversion achevée, tous soldes seraient restitués au Fonds, conformément à la décision 81/50.

### **Recommandation du Secrétariat**

47. Le Comité exécutif est invité:

- (a) À prendre note du rapport soumis par le PNUD et le Gouvernement du Liban, qui décrit les difficultés continues auxquelles le Gouvernement a fait face pour trouver des solutions de remplacement (c'est-à-dire des HFO) à faible PRP disponibles commercialement, ainsi que les efforts du Gouvernement du Liban et du PNUD pour faciliter l'apport de technologies à faible PRP aux entreprises, financés au titre de la phase II du plan de gestion de l'élimination des HCFC pour le Liban, présenté dans le document UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11; et
- (b) À demander au PNUD de continuer à aider le Gouvernement du Liban à assurer l'apport de technologies de remplacement à faible PRP et à rendre compte à la 84<sup>e</sup> réunion de l'avancement de la reconversion des entreprises bénéficiaires restantes dans les deux secteurs de fabrication de mousses et de climatiseurs, notamment les petites entreprises de

mousse, à chaque réunion, jusqu'à ce que la technologie initialement retenue ou une autre technologie à faible PRP aient été totalement acceptée, ainsi qu'une mise à jour par les fournisseurs sur les progrès réalisés pour assurer que les technologies retenues, incluant les éléments connexes, soient disponibles commercialement dans le pays.

### Trinité-et-Tobago: Plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase I – quatrième tranche) (PNUD)

#### Historique

48. À la 81<sup>e</sup> réunion, le PNUD a indiqué qu'une des entreprises dans le secteur des mousses utilisait un agent de gonflage différent de celui qui avait été approuvé par le Comité exécutif. Le Comité exécutif a demandé par la suite au PNUD de présenter à la 82<sup>e</sup> réunion un rapport de situation sur l'utilisation du FM et de l'agent de gonflage de remplacement, au titre de la phase I du PGEH, dans l'entreprise soutenue par le Fonds multilatéral (décision 81/52(b)). À la 82<sup>e</sup> réunion, le PNUD a expliqué qu'en raison de son incapacité de planifier la mission de l'expert, il n'a pas été possible de faire un compte rendu à jour de l'utilisation de la substance à l'entreprise. Le Comité exécutif a donc demandé instamment au PNUD de présenter le rapport demandé à la 83<sup>e</sup> réunion (décision 82/26).

49. Donnant suite aux décisions 81/52(b) et 82/26, le PNUD a indiqué, au nom du Gouvernement de Trinité-et-Tobago, qu'il a mené une mission à Trinité-et-Tobago pour examiner la mise en œuvre du projet. Le Tableau 2 contient la liste des entreprises et l'adoption de technologies de remplacement dans le secteur des mousses; le financement de la phase I permettra d'éliminer complètement la consommation admissible restante de 2,5 tonnes PAO de HCFC-141b dans le pays.

**Tableau 2. Sommaire de la reconversion d'entreprises de mousses à Trinité-et-Tobago en avril 2019**

Entreprise	Fonds approuvés (\$US)	Option de technologie	État actuel
Ice Con	43 900	MF	L'entreprise a décidé de renoncer au projet à la suite d'un changement de la direction et de cesser ses opérations dans les applications de mousse. Le projet sera annulé et les soldes restants, évalués à 20 000\$US seront restitués à la fin des procédures administratives et financières
Ice Fab	31 900	FM	Acquisition de matériel pour la reconversion à la technologie FM.
Seal Sprayed Solutions (Seal)	30 500	FM	Utilise FM/eau pour offrir ce système standard aux clients. Dans le cas de projets demandant spécifiquement des agents de gonflage à base de HFC, ces agents de gonflage seront utilisés
Tropical Marine	31 900	Eau	Utilisation d'une technologie de remplacement sélectionnée
Vetter	35 600	FM	Utilisation d'une technologie de remplacement sélectionnée
<b>Total</b>	<b>173 800</b>		

#### Observations du Secrétariat

50. Le Secrétariat a demandé au PNUD de rendre les soldes non utilisés de Ice Con, évalués à 20 000 \$US, à la 83<sup>e</sup> réunion, puisqu'il est proposé d'annuler le projet. Le PNUD a toutefois répondu que les fonds ne peuvent être restitués que lorsque la prochaine tranche aura été soumise, après l'achèvement des procédures de clôture administrative et financière.

51. Le Secrétariat a noté avec préoccupation l'utilisation d'un agent de gonflage à base de HFC par Seal pour des projets particuliers et a eu des entretiens avec le PNUD sur les raisons de certaines commandes spéciales d'agents de gonflage à base de HFC. Le PNUD a répondu ne pas connaître les raisons de ces demandes d'acquisition d'agents de gonflage particuliers; les entreprises devaient fournir des produits conformément aux demandes de clients et en conséquence, les HFC sont utilisés comme agents de gonflage par Seal si l'agent de gonflage est demandé spécifiquement par des clients. Le PNUD a ajouté que les systèmes à base de HFC étaient disponibles auprès d'entreprises de formulation internationales et étaient appropriés pour les applications de mousses vaporisées sur les marchés. En application de la décision 77/35(b), le PNUD est invité à assister le Gouvernement de Trinité-et-Tobago dans le choix de mesures à prendre, si possible, pour faciliter l'introduction de technologies à faible PRP dans des applications couvertes dans les secteurs et/ou sous-secteurs respectifs.

### **Recommandation du Secrétariat**

52. Le Comité exécutif est invité:

- (a) À prendre note du rapport du PNUD sur l'utilisation de différentes technologies et des problèmes soulevés pour les entreprises qui adoptent des agents de =gonflage à faible potentiel de réchauffement planétaire (PRP) quand elles reçoivent de l'assistance au titre de la phase I du plan de gestion de l'élimination des HCFC pour Trinité-et-Tobago, présenté dans le document UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11;
- (b) À noter par ailleurs que le PNUD restituera les soldes non utilisés de Ice Con à la fin des procédures administratives et financières nécessaires pour l'annulation du projet lorsque la prochaine tranche est soumise; et
- (c) À demander au PNUD de continuer à aider le Gouvernement de Trinité-et-Tobago à assurer l'apport de technologies de rechange à faible PRP et à soumettre à la 84<sup>e</sup> réunion un rapport sur la reconversion à la technologie proposée.

## **PARTIE IV : RAPPORTS CONNEXES AUX PLANS DE GESTION DE L'ÉLIMINATION DES HCFC (PGEH)**

53. Cette partie est constituée des rapports périodiques pour les phases I ou II du PGEH pour les Bahamas, le Bangladesh, l'Égypte, la Guinée équatoriale, le Honduras, l'Inde, l'Indonésie, la République islamique d'Iran, la Jordanie, les Maldives, la Macédoine du Nord, le Suriname et la Tunisie.

Bahamas (les) : Plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase I, troisième tranche) (PNUE)

### **Contexte**

54. Lors de sa 80<sup>e</sup> réunion, le Comité exécutif a examiné la demande pour la troisième tranche de la phase I du PGEH pour les Bahamas. Il a pris note du fait que le Secrétariat avait attiré l'attention sur des préoccupations concernant la sécurité associée à l'usage du R-22a, un frigorigène inflammable, pour la conversion d'appareils utilisant le HCFC-22, et que le PNUE dirigerait une étude pour explorer les meilleures options disponibles. À la lumière de cela, le Comité exécutif a demandé au PNUE de fournir une mise à jour à la 82<sup>e</sup> réunion sur les résultats de l'étude pour explorer les meilleures options disponibles en vue d'évaluer, de surveiller et de convertir deux systèmes de climatisation pour un projet pilote (décision 80/62(b)). Comme le rapport sur l'étude n'a pas été fourni par le PNUE à la 82<sup>e</sup> réunion, le Comité exécutif a encouragé le PNUE à fournir, à la 83<sup>e</sup> réunion, une mise à jour des résultats pour l'étude susmentionnée, conformément à la décision 80/62(b) (décision 82/27).

## Observations du Secrétariat

55. Le Secrétariat a noté avec préoccupation que la mise à jour sur les résultats de l'étude n'était pas disponible aux fins d'examen à la 83<sup>e</sup> réunion.

56. Le PNUE a expliqué que le consultant a été désigné en 2018 et a entrepris une mission en février 2019; la version finale du document est actuellement en préparation. Le rapport sera présenté au Secrétariat une fois complété.

## Recommandation du Secrétariat

57. Le Comité exécutif pourrait envisager d'encourager le PNUE à fournir, à la 84<sup>e</sup> réunion, un rapport final mis à jour sur les résultats de l'étude pour explorer les meilleures options disponibles en vue d'évaluer, de surveiller et de convertir deux systèmes de climatisation pour un projet pilote dans le cadre de la phase I du plan de gestion de l'élimination des HCFC pour les Bahamas.

Bangladesh<sup>14</sup> : Plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase I, rapport périodique final) (PNUD et PNUE)

58. Au nom du gouvernement du Bangladesh, le PNUD, à titre d'agence d'exécution principale, a présenté le rapport périodique final sur la mise en œuvre du programme de travail associé à la phase I du PGEH<sup>15</sup>, en accord avec la décision 82/28(b).

59. La phase I a été complétée sur le plan opérationnel le 31 mars 2019 et le rapport d'achèvement de projet a été présenté le 1<sup>er</sup> avril 2019; aucun autre rapport n'est requis.

### *Consommation de HCFC*

60. La consommation globale de HCFC rapportée en 2018 dans le rapport de la mise en œuvre du programme du pays est de 46,78 tonnes PAO, ce qui est 8 % inférieur aux 50,86 tonnes PAO autorisées pour la même année dans l'accord conclu entre le gouvernement et le Comité exécutif, et 35 % inférieur à la valeur de référence établie à 72,65 tonnes PAO.

### *Rapport périodique*

61. Les activités suivantes ont été mises en œuvre en vertu de la phase I du PGEH :

- (a) La modification en 2014 des Règles sur le contrôle des substances appauvrissant la couche d'ozone (2004) afin d'inclure une interdiction visant l'importation et la fabrication de produits utilisant le HCFC-141b en vrac; l'établissement d'un système de quotas et de permis pour les HCFC; la formation de 249 agents douaniers et d'exécution concernant le contrôle et la réglementation sur l'importation des HCFC; une réunion thématique sur la surveillance et le contrôle des SAO avec les représentants des douanes, les UNO et la sécurité frontalière de cinq pays voisins (Bhoutan, Chine, Inde, Myanmar et Népal); l'approvisionnement de cinq identifiants de frigorigènes pour les points d'entrée des douanes;
- (b) L'élimination de 20,20 tonnes PAO (183,70 tm) de HCFC-141b utilisé dans la fabrication

<sup>14</sup> La phase I du PGEH pour le Bangladesh a été approuvée à la 65<sup>e</sup> réunion pour un montant total de 1 556 074 \$ US, plus des coûts d'appui d'agence de 136 231 \$ US afin de réduire la consommation de HCFC de 30 % en 2018.

<sup>15</sup>La combinaison des troisième et quatrième (dernière) tranches de la phase I du PGEH a été approuvée à la 80<sup>e</sup> réunion, pour un montant de 35 000 \$ US, plus les coûts d'appui d'agence de 4 550 \$ US pour le PNUE.

de mousse isolante pour les équipements de réfrigération après la conversion de Walton Hi-Tech Industries Limited<sup>16</sup> en 2014;

- (c) La formation de 105 formateurs et de 3 944 techniciens concernant les bonnes pratiques en matière d'entretien avec la coopération de l'Association des marchands d'appareils de réfrigération et de climatisation du Bangladesh (BRAMA); l'inclusion de questions techniques relatives à l'élimination des SAO dans le programme national des institutions polytechniques et professionnelles grâce à la coopération avec la Direction de l'enseignement technique et le Conseil en enseignement technique; un livret et une vidéo de formation sur les bonnes pratiques en entretien, produits dans la langue locale;
- (d) Des activités de sensibilisation, incluant les célébrations de la journée de l'ozone, la distribution de 7 500 articles de sensibilisation, dont un manuel de formation et d'outil rapide pour les douanes, un manuel de formation du PNUE et deux vidéos faisant la promotion des frigorigènes de remplacement sans SAO et à faible PRG.

62. La mise en œuvre et le suivi du projet ont été entrepris par la Cellule de l'ozone du Bangladesh, qui est présidée par le Directeur général du Ministère de l'Environnement. Les activités de la Cellule de l'ozone ont été supervisées par un Comité technique national sur les substances appauvrissant l'ozone.

#### *État du décaissement des fonds*

63. En mars 2019, sur le montant de 1 556 074 \$ US approuvé jusqu'ici, 1 545 405 \$ US avaient été décaissés, comme l'indique le Tableau 3. En accord avec la décision 82/28(b), le solde restant de 11 856 \$ US (3 628 \$ US, plus des coûts d'appui d'agence de 272 \$ US pour le PNUD, et 7 041 \$ US, plus des coûts d'appui d'agence de 915 \$ US pour le PNUE) sera remboursé à la 84<sup>e</sup> réunion.

**Tableau 3. Rapport financier de la phase I du PGEH pour le Bangladesh**

Agence	Approuvé (\$ US)	Décaissé (\$ US)	Taux de décaissement (en %)
PNUD	1 201 074	1 197 446	99,7
PNUE	355 000	347 959	98,0
<b>Total</b>	<b>1 556 074</b>	<b>1 545 405</b>	<b>99,3</b>

#### **Observations du Secrétariat**

64. Le Secrétariat a noté que le PNUD et le PNUE ont achevé les activités prévues pour la phase I du PGEH pour le Bangladesh, en accord avec le plan de travail rectifié présenté à la 82<sup>e</sup> réunion. L'achèvement de la phase I du PGEH pour le Bangladesh a éliminé un total de 24,53 tonnes PAO de HCFC (c.-à-d. 20,20 tonnes PAO de HCFC-141b provenant de la conversion de Walton Hi-Tech Industries Limited pour la fabrication de mousse isolante; 3,48 tonnes PAO de HCFC-22, 0,57 tonne PAO de HCFC-142b, 0,21 tonne PAO de HCFC-123 et 0,07 tonne PAO de HCFC-124 provenant du secteur de l'entretien).

65. Le gouvernement s'est engagé à garantir la durabilité de l'élimination atteinte à la suite de la conversion de Walton Hi-Tech Industries Limited en interdisant l'usage et les importations de HCFC-141b depuis 2014 et en surveillant régulièrement l'usage de cyclopentane de l'entreprise dans le cadre de ses opérations. En ce qui concerne la durabilité des programmes de formation pour les techniciens et les agents douaniers, le PNUD a indiqué que ces activités sont également mises en œuvre dans la phase II du PGEH avec la coopération de la BRAMA, qui est le principal partenaire de formation des techniciens d'entretien au pays. De plus, l'UNO travaille également avec le ministère de l'Éducation pour veiller à ce

<sup>16</sup>Approuvé à la 62<sup>e</sup> réunion (décision 62/31) et compris dans la phase I du PGEH.

que tous les programmes de formation soient intégrés au programme de formation professionnelle du pays. Pour ce qui est de la formation des douanes, les modules de formation sont inclus dans le cadre du programme de formation régulier de la Direction des douanes.

### Recommandation du Secrétariat

66. Le Comité exécutif pourrait envisager :

- (a) De prendre note du rapport périodique final sur la mise en œuvre de la phase I du plan de gestion de l'élimination des HCFC (PGEH) pour le Bangladesh présenté par le PNUD et contenu dans le document UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11;
- (b) De demander au gouvernement du Bangladesh et au PNUD de rembourser le solde de 11 856 \$ US (3 628 \$ US, plus des coûts d'appuis d'agence de 272 \$ US pour le PNUD, et 7 041 \$ US, plus des coûts d'appui d'agence de 915 \$ US pour le PNUE) provenant de la phase I du PGEH, au plus tard à la 84<sup>e</sup> réunion, en accord avec la décision 82/28(b).

Égypte : Plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase I, troisième tranche) (PNUD)

### Contexte

67. La phase I du PGEH incluait un projet afin de convertir 81 PME et 350 micro-usagers vers le formiate de méthyle ou une autre technologie à faible PRG (la sélection se fera lors de la mise en œuvre) avec le soutien de leurs sociétés de formulation et distributeurs, afin d'éliminer 75,74 tonnes PAO de HCFC-141b. Le financement a été approuvé pour la conversion des équipements chez deux sociétés de formulation détenues selon l'Article 5, et incluait une aide technique pour toutes les sociétés de formulation et tous les distributeurs, ainsi que pour la conversion des PME.

68. Lors de la 82<sup>e</sup> réunion, il a été rapporté qu'une société de formulation locale (Technocom) et une société de formulation non détenue selon l'Article 5 (Dow) s'étaient converties. Aucun financement provenant du Fonds multilatéral pour la conversion des équipements n'a été fourni à Dow; toutefois, une aide technique a été financée en vue de l'introduction d'une solution de remplacement aux agents de gonflage de la mousse pour les usagers en aval. L'une des sociétés de formulation (Obeigi) s'est retirée du projet et un mémorandum d'accord (MdA)<sup>17</sup> avec une autre société (Baalbaki) devrait être signé. Un total de 24 usagers en aval ont reçu de l'aide. La conversion des 57 usagers en aval restants devrait être achevée d'ici la fin de 2019.

69. Le Secrétariat a noté un important retard dans la conversion de 81 PME et de 350 micro-usagers par les sociétés de formulation, ce qui devait être achevé en août 2013 (c.-à-d. que seulement 24 PME et deux sociétés de formulation ont été converties jusqu'ici). Le Secrétariat a en outre noté que le gouvernement de l'Égypte avait interdit l'importation du HCFC-141b dans des polyols prémélangés à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2018 et s'était engagé à interdire l'importation, l'usage et l'exportation de HCFC-141b en vrac et l'exportation de HCFC-141b contenu dans des polyols prémélangés d'ici le 1<sup>er</sup> janvier 2020.

70. Également lors de la 82<sup>e</sup> réunion, il a été rapporté que deux sociétés de formulation (Dow et Technocom) travaillaient à l'élaboration de formulations à faible PRG à base d'eau et de HFO, mais aussi à base de HFC-245fa, de HFC-365mfc et de HFC-227ea, des substances contrôlées en vertu de l'Amendement de Kigali, bien que l'usage de solutions de remplacement à fort PRG devait être temporaire et que cet usage devait être éliminé en 2015 au plus tard. Le PNUD a confirmé qu'aucune

<sup>17</sup> Accord de mise en œuvre du projet du PNUD.

autre aide ne serait demandée pour les usagers en aval qui ont reçu de l'aide grâce au projet de la phase I des sociétés de formulation, puisqu'elles ont accepté de se convertir à des technologies à faible PRG.

71. Suivant des consultations informelles, et en prenant note de l'engagement du gouvernement de l'Égypte à présenter le RAP pour la phase I du PGEH à la première réunion de 2020, à compléter financièrement la phase et à rembourser tout solde restant avant le 31 décembre 2020, le Comité exécutif a notamment demandé (décision 82/72(b)(i) et (iv)) :

- (b)(i) Au gouvernement de l'Égypte et au PNUD de présenter, à chaque réunion jusqu'à l'achèvement de la phase I, un rapport sur l'état de conversion des sociétés de formulation, des 81 PME et des 350 micro-usagers, incluant : l'état de la conversion des sociétés de formulation, les formulations élaborées et les décaissements connexes; une liste mise à jour des PME converties avec la technologie sélectionnée, les décaissements connexes et l'engagement de chaque PME; ainsi qu'une mise à jour sur le nombre de micro-usagers ayant reçu de l'aide;
- (b)(iv) Au PNUD de rapporter au Comité exécutif l'état de l'usage de la technologie intermédiaire sélectionnée par le Gouvernement de l'Égypte à chaque réunion jusqu'à ce qu'une technologie à faible PRG soit, comme convenu, entièrement introduite, ainsi qu'une mise à jour des fournisseurs sur les progrès réalisés afin de garantir que les technologies sélectionnées, incluant les composants connexes, étaient disponibles au pays sur une base commerciale.

72. Le Comité exécutif a en outre demandé au PNUD de continuer à assister le gouvernement de l'Égypte afin d'assurer l'approvisionnement des technologies de remplacement sélectionnées pour la conversion des 81 PME grâce aux sociétés de formulation (décision 82/72(b)(iii)), et a approuvé la troisième et dernière tranche de la phase I du PGEH, étant entendu que la demande pour la deuxième tranche de la phase II ne pouvait être présentée que si les conditions suivantes étaient respectées : le MdA a été signé avec la société de formulation Baalbaki; au moins 40 PME incluses dans la phase I dans le cadre du projet des sociétés de formulation ont été converties; et le PNUD a décaissé au moins 350 000 \$ US supplémentaires provenant du financement approuvé pour le projet des sociétés de formulation aux bénéficiaires finaux dans le secteur des mousses (décision 82/72 (c)).

73. Le PNUD au nom du gouvernement de l'Égypte, a présenté les deux rapports sur l'état de la conversion des sociétés de formulation et des usagers en aval, ainsi que sur l'état de l'usage de la technologie intermédiaire, en accord avec les décisions 82/72(b)(i) et (iv).

### **Rapport périodique**

74. Le MdA avec Baalbaki afin de convertir huit clients en vue d'éliminer 53,7 tm de HCFC-141b a été signé. Un addenda au MdA avec Technocom a été préparé afin de convertir 12 clients supplémentaires en vue d'éliminer 11,37 tonnes PAO de HCFC-141b; ce MdA devrait être signé en mai 2019. Les technologies de remplacement pour Baalbaki incluent l'eau et le formiate de méthyle, tandis qu'elles incluent les formules à base d'eau et de HFO pour Technocom. Dans les deux cas, les HFC sont envisagés comme base intermédiaire. Jusqu'ici, aucun micro-usager n'a été converti; le début de ces conversions est prévu pour la deuxième moitié de 2019.

75. En ce qui concerne la situation sur l'usage de la technologie, le PNUD a rapporté que les formules à base d'eau ont été introduites par Dow et Technocom, et approuvées par les clients pour certaines utilisations; une mise à jour sur l'introduction du formiate de méthyle sera fournie à la 84<sup>e</sup> réunion; et d'autres études sur la performance des HFO dans les polyols étaient requises, puisque certaines sociétés de formulation ont signalé des problèmes dans la préparation des formules, incluant leur

stabilité. Le PNUD continue à surveiller la situation et les consultations avec l'UNO à propos des obstacles à l'introduction des technologies à faible PRG sont prévues pour mai 2019.

76. Un montant supplémentaire de 388 072 \$ US a été décaissé depuis la 82<sup>e</sup> réunion, élevant le décaissement total à 2 407 924 \$ US (sur 4 000 000 \$ US) pour le PNUD. Le PNUD a confirmé que les coûts différentiels d'exploitation n'ont pas été et ne seront pas non plus fournis aux clients, sauf si une technologie à faible PRG est utilisée, en accord avec la décision 77/35(a)(vi).

### **Observations du Secrétariat**

77. La conversion chez Dow et Technocom a été achevée, incluant la conversion de 24 clients en aval vers des formules à base d'eau, de HFO et, de façon intermédiaire, de HFC, avec une élimination associée de HCFC-141b correspondant à 4,44 tonnes PAO et 13,09 tonnes PAO, respectivement. Bien qu'un engagement à cesser l'usage des formules à base HCFC ait été dûment signé par ces 24 clients en aval, un engagement similaire pour cesser l'usage des HFC n'a pas été fourni, puisque la transition intermédiaire a toujours cours. Même si une estimation du moment où il est prévu que les clients en aval commencent à utiliser la technologie à faible PRG convenue n'a pas pu être fournie, le PNUD s'attend à être capable de fournir une mise à jour après la mission prévue en mai 2019.

78. Le PNUD n'a pas été capable de fournir la proportion relative de HFC qui est utilisée de façon intermédiaire par rapport aux agents de gonflage à faible PRG (p. ex., l'eau et les HFO) chez les clients en aval convertis par Dow et Technocom puisque l'usage dépend des besoins spécifiques des clients. De façon similaire, pour les 20 usagers en aval supplémentaires qui seront convertis par Baalbaki et en vertu de l'addenda au MdA pour Technocom, la proportion relative des entreprises qui devraient utiliser temporairement des HFC dépendra des besoins des clients et n'était donc pas disponible.

79. En ce qui concerne les défis associés à l'introduction des HFO, le PNUD a précisé qu'il y avait des défis commerciaux et techniques. Même si les HFO sont accessibles en Égypte, le prix est un facteur que les clients examinent lorsqu'ils sélectionnent une technologie. Le PNUD prévoyait de continuer à fournir une aide technique afin d'aborder les préoccupations concernant la performance des formules à base de HFO, incluant par le biais de la mission de mai 2019.

80. Le PNUD a confirmé que le gouvernement demeurerait engagé à achever la phase I du PGEH avant le 31 décembre 2019 et à établir une interdiction sur l'importation, l'usage et l'exportation de HCFC-141b en vrac et sur l'exportation de HCFC-141b contenu dans les polyols prémélangés avant le 1<sup>er</sup> janvier 2020.

### **Recommandation du Secrétariat**

81. Le Comité exécutif pourrait envisager :

- (a) De prendre note du rapport, présenté par le PNUD, sur l'état de la conversion des sociétés de formulation, des 81 petites et moyennes entreprises et des 350 micro-usagers, et d'un rapport sur la situation de l'usage de la technologie intermédiaire en Égypte, contenus dans le document UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11;
- (b) De demander au PNUD de continuer à aider le gouvernement de l'Égypte à assurer l'approvisionnement des technologies à faible PRG, étant entendu qu'aucun coût différentiel d'exploitation ne soit payé jusqu'à ce que la technologie initialement sélectionnée ou une autre technologie à faible PRG ait été entièrement introduite, et pour fournir un rapport sur la situation de ses conversions à chaque réunion du Comité exécutif jusqu'à ce que la technologie initialement sélectionnée ou une autre technologie à faible PRG ait été entièrement introduite, accompagné d'une mise à jour provenant des

fournisseurs sur les progrès réalisés afin de garantir que les technologies de remplacement sélectionnées, incluant les composants connexes, sont disponibles au pays de façon commerciale.

Guinée équatoriale : Rapport sur la situation de la ratification de l'Accord (décision 82/73(c)(i)) (PNUE)

**Contexte**

82. La phase I du PGEH pour la Guinée équatoriale a été approuvée à la 65<sup>e</sup> réunion dans le but d'atteindre une réduction de 35 % de la consommation de HCFC d'ici 2020. La mise en œuvre des première et deuxième tranches a été retardée en raison des contraintes de déplacement causées par des perturbations sociales, le processus de dédouanement pour les équipements fournis et une difficulté à achever le rapport de vérification en raison de la situation en matière de sécurité au pays.

83. Lors de sa 82<sup>e</sup> réunion, le Comité exécutif a notamment approuvé les troisième et quatrième tranches combinées de la phase I du PGEH et a demandé au PNUE de fournir un rapport à la première réunion de 2019 sur la situation de la ratification de l'Accord avec le gouvernement de la Guinée équatoriale (décision 82/73(c)(i)).

84. Le PNUE a rapporté qu'un accord de financement à petite échelle (AFPE) avait été signé par le gouvernement de la Guinée équatoriale et le PNUE le 4 mars 2019. L'AFPE inclut notamment des activités détaillées, un budget et un échéancier pour le plan de mise en œuvre des tranches approuvées à la 82<sup>e</sup> réunion. La période de mise en œuvre est de 24 mois.

**Observations du Secrétariat**

85. Le Secrétariat a noté les efforts conjoints du gouvernement de la Guinée équatoriale et du PNUE pour éviter d'autres retards dans la mise en œuvre des activités dans le cadre du PGEH. Avec la signature de l'AFPE, la mise en œuvre des activités avait commencé et la dernière tranche devrait être demandée en 2020. Le PNUE a confirmé qu'il soutiendrait en outre le gouvernement de la Guinée équatoriale grâce à son Programme d'aide à la conformité (PAC), et qu'il présenterait un rapport sur l'aide fournie à la deuxième réunion de 2019, en accord avec la décision 82/73(c)(ii).

**Recommandation du Secrétariat**

86. Le Comité exécutif pourrait envisager de prendre note que le gouvernement de la Guinée équatoriale et le PNUE avaient signé un accord pour la mise en œuvre des troisième et quatrième tranches combinées de la phase I du plan de gestion de l'élimination des HCFC.

Honduras : Plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase I, rapport périodique) (PNUE)

87. À la 81<sup>e</sup> réunion, le Comité exécutif a approuvé (en vertu de la liste de projets soumis pour approbation générale) la quatrième tranche de la phase I du PGEH pour le Honduras, ainsi que le plan de mise en œuvre de la tranche correspondante pour 2018-2020, étant entendu :

- (a) Que le PNUE et le gouvernement du Honduras intensifieraient leurs efforts afin de mettre en œuvre des activités de formation pour les techniciens en réfrigération associés à la phase I du PGEH;
- (b) Que le PNUE présenterait un rapport périodique à chaque réunion en ce qui concerne la mise en œuvre des activités en vertu des composants associés à la phase I du PGEH, incluant les décaissements atteints, jusqu'à la présentation de la cinquième et dernière tranche de la phase I du PGEH;

- (c) Que les cibles de décaissement pour le montant total des fonds approuvés pour les composants du PNUE des première, deuxième et troisième tranches de la phase I du PGEH pour le Honduras sont de 50 % avant le 30 septembre 2018, de 80 % avant le 31 mars 2019 et de 100 % avant décembre 2019, et que celles pour le composant du PNUE de la quatrième tranche sont de 20 % avant le 31 mars 2019 et de 50 % avant décembre 2019.

88. En accord avec la demande mentionnée ci-dessus, le PNUE a présenté à la 83<sup>e</sup> réunion un rapport périodique et financier sur la mise en œuvre des activités du PNUE dans le cadre de la phase I.

### **Rapport périodique sur la mise en œuvre de la phase I du PGEH**

89. Les activités suivantes ont été mises en œuvre depuis la 82<sup>e</sup> réunion :

- (a) La signature du mémorandum d'entente entre le PNUE, l'UNO (UTOH), le ministère de l'Environnement et l'institut national de formation, afin d'examiner les processus de formation et de certification en matière de bonnes pratiques dans le secteur de l'entretien en réfrigération et en climatisation;
- (b) L'élaboration d'un manuel et d'une séance de formation afin de préparer les instructeurs et les évaluateurs qui évalueront la compétence des techniciens faisant une demande de certification dans le secteur de l'entretien en réfrigération et en climatisation;
- (c) Quatre ateliers supplémentaires afin de former un total de 287 techniciens sur les bonnes pratiques en matière de réfrigération et de manipulation sûre des frigorigènes inflammables;
- (d) Des visites de sensibilisation dans 60 ateliers de réfrigération et chez 28 utilisateurs finaux dans les secteurs des supermarchés, des hôtels et de l'industrie alimentaire afin de promouvoir le programme de formation et de certification des techniciens, ainsi que pour fournir un avis technique sur la gestion des frigorigènes pour se conformer aux dispositions juridiques établies dans les règlements sur les SAO;
- (e) La signature de l'accord entre le PNUE et le gouvernement en vue de la mise en œuvre de la quatrième tranche et de la première avance de fonds prévue en avril 2019.

### **État du décaissement des fonds**

90. En date du 25 avril 2019, sur le montant total de 175 000 \$ US des fonds approuvés pour les première, deuxième et troisième tranches pour le PNUE, 118 520 \$ US (67,7 pour cent) avaient été décaissés, comme l'indique le Tableau 4. Le PNUE avait avancé 7 952 \$ US au gouvernement, amenant le montant total des fonds avancés pour les première, deuxième et troisième tranches à 126 472 \$ US (72,3 pour cent). Aucun décaissement des fonds approuvés pour la quatrième tranche n'a encore eu lieu.

**Tableau 4. Rapport financier de la phase I du PGEH pour le Honduras**

Tranche	Approuvé (\$ US)	Dépenses enregistrées dans UMOJA (\$ US)			Taux de décaissement réel (en %)	Taux de décaissement cible (en %)	Avances (\$ US)	Avance (en %)
		En date du 30/09/2018	Du 30/09/2018 au 25/04/2019	Total				
Première	75 000	37 047	30 000	67 047	89,4	7 952	100,0	
Deuxième	50 000	33 529	5 883	39 412	78,8		78,8	
Troisième	50 000	6 272	5 789	12 061	24,1		24,1	
<b>Sous- total</b>	<b>175 000</b>	<b>76 848</b>	<b>41 672</b>	<b>118 520</b>	<b>67,7</b>	<b>80,0</b>	<b>126 472</b>	<b>72,3</b>
Quatrième	50 000	0	0	0	0,0	20,0	0	0,0

**Mise à jour sur le plan de mise en œuvre de la phase I du PGEH**

91. Les activités suivantes sont prévues pour la période allant de mai à octobre 2019 :

- (a) La formation d'agents douaniers et d'exécution, couvrant 31 points d'entrée des douanes, concernant le contrôle des importations de HCFC et d'équipements fonctionnant au HCFC;
- (b) La mise au point finale du système électronique pour l'enregistrement des importateurs, des fournisseurs et des utilisateurs finaux, ainsi que la conception de modules de formation en ligne;
- (c) La reformulation continue du mécanisme de certification pour les techniciens en réfrigération et la promotion de son exécution; l'examen des normes techniques, incluant les mesures de sécurité pour les frigorigènes inflammables; et la mise à jour des documents informatifs aux fins de sensibilisation technique et publique;
- (d) Des ateliers de formation pour 400 techniciens en réfrigération et 1 800 étudiants en réfrigération et climatisation sur les bonnes pratiques et la manipulation sûre des solutions de remplacement des SAO.

**Observations du Secrétariat**

92. Le Secrétariat a noté que pour les trois premières tranches le pays avait atteint un taux de décaissement de 72 % avant le 31 mars 2019, plutôt que la cible de 80 %, tandis qu'aucun décaissement n'avait été fait pour la quatrième tranche par rapport à la cible de 20 pour cent. Le PNUE a expliqué que des engagements supplémentaires de 15 760 \$ US provenant des trois premières tranches seraient enregistrés comme décaissement d'ici juillet 2019, amenant le taux de décaissement à 81 %, et que 12 500 \$ US provenant de la quatrième tranche seraient enregistrés comme décaissement en juillet 2019, amenant le taux de décaissement à 25 pour cent.

93. Bien que l'engagement concernant le décaissement n'ait pas été respecté en date du 31 mars 2019, le Secrétariat a noté que les efforts ont été intensifiés afin de mettre en œuvre les activités de formation pour les techniciens en réfrigération associés à la phase I. Un total de 823 techniciens et étudiants en réfrigération ont été formés durant la dernière année et la mise au point du mécanisme de certification avance toujours. Le PNUE a expliqué que les instructeurs et les évaluateurs actuellement formés seraient certifiés à l'étranger par l'Institut de certification de la Colombie et que le système serait ensuite lancé à l'échelle nationale. Il devrait être entièrement opérationnel d'ici décembre 2019.

94. Le Secrétariat suggère que le PNUE continue à fournir de l'aide au pays en complétant d'autres activités dont la mise en œuvre est prévue pendant la période considérée, notamment la formation

d'agents douaniers supplémentaires et la conception d'un registre électronique des importateurs, fournisseurs et utilisateurs finaux de HCFC. Pendant les discussions de la 81<sup>e</sup> réunion, le PNUE a expliqué que l'UTOH était constituée d'une petite équipe chargée d'un grand nombre de responsabilités. Par conséquent, le PNUE prévoyait engager directement trois experts afin d'offrir à l'UTOH le soutien technique nécessaire à la mise en œuvre des activités prévues. L'un des experts travaille déjà sur le mécanisme de certification et le recrutement des deux autres sera terminé en juin 2019.

95. Le Secrétariat considère que le rapport à la 84<sup>e</sup> réunion devrait également inclure les progrès de ces activités et une mise à jour sur le taux de décaissement, avec l'objectif d'atteindre, avant décembre 2019, 100 % pour les première, deuxième et troisième tranches et 50 % pour la quatrième tranche, comme l'exige la décision 81/34(a).

### **Recommandation du Secrétariat**

96. Le Comité exécutif pourrait envisager :

- (a) De prendre note du rapport périodique sur la mise en œuvre des activités en vertu des composants du PNUE associés à la phase I du plan de gestion de l'élimination des HCFC (PGEH) pour le Honduras, présenté par le PNUE et contenu dans le document UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11;
- (b) De demander au PNUE de continuer à présenter à chaque réunion, jusqu'à la présentation de la cinquième et dernière tranche de la phase I du PGEH, un rapport périodique sur la mise en œuvre de toutes les activités en vertu des composants du PNUE associés à la phase I du PGEH, incluant le taux de décaissement atteint.

Inde : Plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase I, rapport financier final) (PNUD, PNUE et le gouvernement d'Allemagne)

### **Contexte**

97. À la 82<sup>e</sup> réunion, le PNUD, au nom du gouvernement de l'Inde, a présenté le rapport périodique final sur la mise en œuvre du programme de travail associé à la troisième et dernière tranche du PGEH<sup>18</sup> en accord avec la décision 75/29(a). La phase I a été achevée sur le plan opérationnel le 31 décembre 2017, le RAP a été présenté le 27 septembre 2018 et l'achèvement financier du projet était prévu pour le 31 décembre 2018.

98. Après examen de la présentation, le Comité exécutif a notamment décidé de demander au gouvernement de l'Inde, au PNUD, au PNUE et au gouvernement de l'Allemagne de rapporter au Secrétariat le décaissement final aux bénéficiaires et de rembourser, à la 83<sup>e</sup> réunion, tout solde restant provenant de la phase I du PGEH à la même date (décision 82/39).

99. En conséquence, le PNUD a présenté à la 83<sup>e</sup> réunion le rapport financier final pour la phase I du PGEH pour l'Inde, indiquant un solde inutilisé de 83 405 \$ US, plus des coûts d'appui d'agence de 5 838 \$ US, qui seront remboursés au Fonds. De ce montant, 3 556 \$ US, plus des coûts d'appui d'agence de 249 \$ US, sont associés à la deuxième tranche approuvée pour le PNUD à la 71<sup>e</sup> réunion, et 79 849 \$ US, plus des coûts d'appui d'agence de 5 589 \$ US, sont associés à la troisième tranche approuvée pour le PNUD à la 75<sup>e</sup> réunion.

<sup>18</sup> La troisième et dernière tranche de la phase I du PGEH a été approuvée à la 75<sup>e</sup> réunion pour un coût total de 1 858 200 \$ US, soit 1 438 490 \$ US, plus les coûts d'appui d'agence de 100 694 \$ US pour le PNUD, 86 160 \$ US, plus les coûts d'appui d'agence de 10 478 \$ US pour le PNUE et 199 440 \$ US, plus les coûts d'appui d'agence de 22 938 \$ US pour le gouvernement de l'Allemagne.

100. Avec ce rapport, la phase I du PGEH pour l'Inde a été achevée financièrement et aucun autre rapport n'est requis.

### **Recommandation du Secrétariat**

101. Le Comité exécutif pourrait envisager de prendre note :

- (a) Du rapport financier final pour la phase I du plan de gestion de l'élimination des HCFC (PGEH) de l'Inde, présenté par le PNUD, contenu dans le document UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11;
- (b) Que 3 556 \$ US, plus des coûts d'appui d'agence de 249 \$ US, et 79 849 \$ US, plus des coûts d'appui d'agence de 5 589 \$ US, associés au solde inutilisé des deuxième et troisième tranches, respectivement, de la phase I du PGEH pour l'Inde, ont déjà été remboursés par le PNUD à la 83<sup>e</sup> réunion.

Inde : Plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase II, deuxième tranche) (PNUD, PNUE et gouvernement de l'Allemagne)

102. À la 82<sup>e</sup> réunion, le PNUD a présenté, au nom du gouvernement de l'Inde, la demande pour la deuxième tranche de la phase II du PGEH. La proposition indiquait que le gouvernement de l'Inde a mis en place une interdiction concernant l'usage des HCFC, incluant le HCFC-141b, pur et contenu dans les polyols prémélangés, dans la fabrication des réfrigérateurs à usage domestique et des panneaux-sandwichs continus depuis le 1<sup>er</sup> janvier 2015. Le Secrétariat a noté, cependant, que trois fabricants de panneaux-sandwich continus devaient être inclus dans la première tranche, dont deux qui ont signé des MdA avec le gouvernement. Sur ce point, le PNUD a précisé que le gouvernement évaluait si ces entreprises se conformaient à l'interdiction. S'il s'avérait que ces deux entreprises ne sont pas conformes, les MdA seraient résiliés et tous fonds qui leur ont été décaissés seraient remboursés au projet.

103. En conséquence, le Comité exécutif a notamment demandé au gouvernement de l'Inde, par le biais du PNUD, de fournir, à la 83<sup>e</sup> réunion, une mise à jour sur l'évaluation par le gouvernement afin de savoir si les entreprises de fabrication de panneaux de mousse continus avaient adhéré à l'interdiction, à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2015, sur l'usage du HCFC-141b (décision 82/74(b)(i)), en prenant note que si le gouvernement déterminait qu'une entreprise de fabrication de panneaux de mousse continus n'était pas conforme à l'interdiction mentionnée, le MdA avec cette entreprise sera résilié et tous les fonds décaissés seront remboursés au projet, en accord avec la décision 77/43(d)(ii). Le Comité exécutif a également pris note qu'aucune entreprise de fabrication de panneaux de mousse continus ne sera incluse dans la phase II avant que son admissibilité ait été évaluée par le Comité exécutif (décision 82/74(c)).

104. Au moment de rédiger le présent document, le PNUD avait rapporté que l'évaluation, en accord avec la décision 82/74(b)(i), était toujours en cours et que les résultats seraient communiqués dès que l'état d'adhésion des entreprises à l'interdiction sera déterminé. Il était prévu que l'évaluation pourrait être complétée avant la 83<sup>e</sup> réunion.

### **Observations du Secrétariat**

105. Répondant à une demande de clarification, tandis qu'aucune raison spécifique n'était fournie sur la raison pour laquelle l'évaluation n'avait pas pu être complétée avant l'échéance pour la présentation des documents, le PNUD a indiqué que l'évaluation pouvait être complétée avant la 83<sup>e</sup> réunion. Comme convenu à la 82<sup>e</sup> réunion, aucun autre décaissement n'a été versé à ces entreprises. Le PNUD a également réassuré que le gouvernement était engagé à mettre en œuvre la décision 82/74(b)(i); s'il fallait déterminer que les deux chaînes continues ne respectaient pas les cibles d'élimination du 1<sup>er</sup> janvier 2015 dans le secteur des panneaux continus, les fonds seraient remboursés au projet.

## Recommandation du Secrétariat

106. Le Comité exécutif pourrait envisager de demander au gouvernement de l'Inde, par le biais du PNUD, de fournir à la 84<sup>e</sup> réunion l'évaluation du gouvernement afin de savoir si les entreprises de fabrication de panneaux de mousse continue avaient adhéré à l'interdiction du 1<sup>er</sup> janvier 2015 sur l'usage du HCFC-141b, en accord avec les décisions 82/74(b) et (c).

Indonésie : Plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase I) – Situation de la conversion des entreprises de fabrication d'appareils de réfrigération et de climatisation et de PT. TSG Chemical (PNUD et Banque mondiale)

107. Au nom du gouvernement de l'Indonésie, le PNUD, à titre d'agence d'exécution principale, a présenté un rapport sur la situation des entreprises qui ont reçu des fonds afin de se convertir aux solutions de remplacement à faible PRG, mais qui fabriquent temporairement des équipements de réfrigération et de climatisation à fort PRG, en accord avec la décision 81/11(c), et un rapport sur la situation de la participation de la société de formulation PT. TSG Chemical, en accord avec la décision 82/30(e).

### *Secteur de la fabrication des appareils de réfrigération et de climatisation*

108. La phase I du PGEH incluait la conversion de 48 entreprises dans le secteur de la fabrication des appareils de réfrigération et de climatisation vers les technologies à faible PRG. Cependant, lors de la mise en œuvre, 28 entreprises (16 dans le secteur de la climatisation et 12 dans le secteur de la réfrigération commerciale) ont décidé de se convertir à des technologies à fort PRG avec leurs propres ressources et ont remboursé 3 134 216 \$ US, plus les coûts d'appui d'agence, au Fonds multilatéral.

109. Sur les 20 entreprises restantes, une seule (Panasonic) fabrique actuellement des climatiseurs basés sur la technologie fonctionnant au HFC-32. Huit moyennes et grandes entreprises ont fabriqué des équipements prototypes fonctionnant au HFC-32, tandis que huit petites entreprises font du travail d'assemblage à partir de commandes personnalisées; jusqu'ici, aucune commande pour des équipements fonctionnant au HFC-32 n'a été reçue. Trois entreprises de fabrication supplémentaires attendent toujours l'amélioration du marché des équipements fonctionnant au HFC-32 avant d'entreprendre leur conversion. Actuellement, les 19 entreprises fabriquent des équipements fonctionnant avec des frigorigènes à fort PRG (principalement le R-410A, le R-404A et le HFC-134a).

110. Les raisons qui expliquent le retard dans la conversion et la fabrication d'appareils de réfrigération et de climatisation avec la technologie convenue pour les 19 entreprises sont : l'accessibilité commerciale limitée des compresseurs et composants fonctionnant au HFC-32 à des prix abordables; la faible demande sur le marché local pour les équipements fonctionnant au HFC-32; et le coût plus élevé des équipements fonctionnant au HFC-32, comparativement à d'autres équipements disponibles au pays (p. ex, fonctionnant avec le frigorigène R-407C).

### *Rapport et discussions lors de la 82<sup>e</sup> réunion*

111. Comme rapporté à la 82<sup>e</sup> réunion, les fabricants de compresseurs en Chine étaient actuellement incapables de fournir des compresseurs fonctionnant au HFC-32 en Indonésie, tandis que le fabricant de compresseurs en Thaïlande n'a testé son prototype qu'en février 2019. En conséquence, le scénario de la chaîne d'approvisionnement pour les compresseurs de la taille requise fonctionnant au HFC-32, dont les fabricants d'appareils de réfrigération et de climatisation ont besoin, était donc toujours incertain. Le Comité exécutif a donc décidé de proroger l'achèvement du plan du secteur de la fabrication des appareils de réfrigération et de climatisation au 31 décembre 2019 afin de permettre aux fabricants de tester le compresseur fonctionnant au HFC-32 récemment conçu pour amorcer la fabrication commerciale des

équipements fonctionnant au HFC-32 et pour permettre le paiement des coûts différentiels d'exploitation aux fabricants (décision 82/30).

*Progrès depuis la 82<sup>e</sup> réunion*

112. Les fabricants de compresseurs chinois sont toujours incapables de fournir les quantités (relativement faibles) requises par les fabricants indonésiens à un prix qui peut être concurrentiel par rapport aux compresseurs fonctionnant au R-407C actuellement utilisés. Le fabricant de compresseurs en Thaïlande n'a pas encore été capable de fournir des compresseurs fonctionnant au HFC-32 en Indonésie, puisqu'il teste toujours ces unités à l'interne. Ainsi, aucun autre fonds n'a été décaissé aux entreprises depuis le dernier état financier communiqué à la 82<sup>e</sup> réunion.

*Secteur des mousses de PU*

113. Lors de la 82<sup>e</sup> réunion, il a été rapporté que l'une des sociétés de formulation (PT. Sutindo Chemical Indonesia) avait complété sa conversion, tandis que l'autre (PT. TSG Chemical, avec un financement accordé de 301 539 \$ US, plus des coûts d'appui d'agence de 22 615 \$ US pour la Banque mondiale) envisageait toujours de se retirer du projet. En raison d'un incendie ayant touché la société de formulation (sans lien avec le projet), PT. TSG Chemical a désormais décidé de se retirer du projet; le financement accordé associé au projet sera remboursé à la 83<sup>e</sup> réunion.

**Observations du Secrétariat**

114. Malgré les efforts déployés par le gouvernement de l'Indonésie, avec le soutien du PNUD, de l'industrie et d'autres parties prenantes, il n'y a eu que des progrès limités dans l'introduction de la technologie à base HFC-32, principalement en raison du manque d'accessibilité de compresseurs à des prix concurrentiels et dans les quantités nécessaires pour le marché indonésien. Tout en prenant note des efforts du gouvernement et du PNUD à cet égard, le Secrétariat considère comme peu probable que ces deux facteurs à eux seuls puissent transformer le marché, et plus particulièrement un marché avec une influence mondiale considérable. Afin de générer les économies d'échelle qui peuvent être nécessaires pour permettre aux fabricants de compresseurs de faire concurrence aux équipements à fort PRG, une demande substantielle du marché pour les équipements fonctionnant au HFC-32 serait sans doute nécessaire, notamment grâce aux conversions prévues en vertu de la phase II du PGEH en Chine. Sur cette base, il est possible de s'attendre à ce qu'une autre prorogation de la phase I du PGEH pour l'Indonésie puisse être présentée à la 84<sup>e</sup> réunion, en accord avec la décision 82/30(g)(i).

**Recommandation du Secrétariat**

115. Le Comité exécutif pourrait envisager de :

- (a) Prendre note du rapport, présenté par le PNUD et la Banque mondiale, concernant la situation de la conversion au sein des entreprises de fabrication d'appareils de réfrigération et de climatisation et chez PT. TSG Chemical dans le cadre de la phase I du plan de gestion de l'élimination des HCFC (PGEH) pour l'Indonésie, contenu dans le document UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11;
- (b) Prendre note que PT. TSG Chemical a décidé de se retirer de la phase I du PGEH pour l'Indonésie, et que 301 539 \$ US, plus des coûts d'appui d'agence de 22 616 \$ US pour la Banque mondiale, associés à l'entreprise ont déjà été remboursés à la 83<sup>e</sup> réunion.

Iran (République islamique d') : Plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase I, rapport périodique final) (PNUD, PNUE, ONUDI et gouvernement de l'Allemagne)

## Contexte

116. Au nom du gouvernement de la République islamique d'Iran, le PNUD, à titre d'agence d'exécution principale, a présenté le rapport périodique final sur la mise en œuvre du programme de travail associé à la quatrième et dernière tranche de la phase I du PGEH<sup>19</sup> pour le pays, en accord avec la décision 74/43(b) et le RAP connexe en ligne.

### *Consommation de HCFC*

117. En 2018, dans son rapport de mise en œuvre du programme du pays, la République islamique d'Iran a rapporté une consommation de 2 386 tm (162,95 tonnes PAO) de HCFC. Cette consommation se situe à 52 % sous la valeur de référence du Protocole de Montréal pour la consommation de HCFC et à 39 % sous les objectifs annuels de consommation pour 2018 (266,35 tonnes PAO), comme l'indique l'accord entre le gouvernement et le Comité exécutif. Le système d'octroi de permis et de quotas pour les importations et les exportations de HCFC continue de fonctionner efficacement.

### *Rapport périodique*

118. Toutes les activités entreprises en vertu de la phase I du PGEH pour la République Islamique d'Iran ont été achevées avec succès, comme indiqué ci-après.

### *Mesures règlementaires*

119. L'UNO a continué à octroyer des permis pour les importations de SAO et d'équipements qui en contiennent. Un nouveau système en ligne introduit par le service des douanes a accéléré le processus de demande d'importation, accru la précision et la fiabilité des données et empêché le commerce illicite. L'interdiction concernant les importations de climatiseurs résidentiels fonctionnant au HCFC-22 a été établie en 2018.

### *Secteur de fabrication*

120. Les activités suivantes ont été achevées :

- (a) La conversion de sept entreprises de mousse de PU dans le secteur des panneaux continus vers une technologie à base d'hydrocarbure (HC), éliminant 27,8 tonnes PAO de HCFC-141b (gouvernement de l'Allemagne)<sup>20</sup>;
- (b) La conversion de 11 entreprises de mousse de polyuréthane rigide dans la réfrigération à usage domestique et les panneaux discontinus vers la technologie à base de HC, éliminant 88,1 tonnes PAO de HCFC-141b (ONUDI);
- (c) La conversion de l'une des entreprises de fabrication de climatiseurs vers le R-410A, éliminant 29,3 tonnes PAO de HCFC-22 (PNUD).

<sup>19</sup> La quatrième et dernière tranche de la phase I du PGEH a été approuvée à la 74<sup>e</sup> réunion pour un coût total de 885 977 \$ US, soit 250 430 \$ US, plus les coûts d'appui d'agence de 18 872 \$ US pour le PNUD, 274 827 \$ US, plus les coûts d'appui d'agence de 20 612 \$ US pour l'ONUDI et 288 582 \$ US, plus les coûts d'appui d'agence de 32 744 \$ US pour le gouvernement de l'Allemagne.

<sup>20</sup> Une entreprise supplémentaire a cessé, par ses propres moyens, d'utiliser 2,9 tonnes PAO de HCFC-141b et le financement associé sera remboursé au Fonds multilatéral en le déduisant de la deuxième tranche de la phase II du PGEH, en accord avec la décision 80/21.

*Activités du secteur de l'entretien des appareils de réfrigération et de climatisation (gouvernement de l'Allemagne et PNUE)*

121. Les activités suivantes ont été complétées dans le secteur de l'entretien des appareils de réfrigération et de climatisation : des ateliers de formation et de sensibilisation concernant les règlements en matière de HCFC et leur mise en application pour plus de 400 agents douaniers et d'exécution; la formation sur les bonnes pratiques d'entretien offerte à plus de 750 techniciens dans plusieurs provinces; des ateliers de sensibilisation sur l'efficacité énergétique et les bonnes pratiques pour plus de 150 techniciens; la modification des systèmes de réfrigération vers des systèmes étanches et sans fuite; la mise en service et l'installation des dits systèmes; la formation et la surveillance de ses résultats dans deux chaînes de supermarchés; la formation introductive sur la gestion des journaux de bord pour les entreprises d'entretien et les supermarchés; ainsi que la production et la distribution de publications techniques aux parties prenantes.

*État du décaissement des fonds*

122. En décembre 2018, sur le montant de 9 994 338 \$ US approuvé, 9 760 317 \$ US avaient été décaissés comme l'indique le Tableau 5. Le solde est associé à la dernière conversion complétée par l'ONUDI. Lorsque le dernier montant sera versé en 2019, aucun solde inutilisé ne sera renvoyé au Fonds.

**Tableau 5. Rapport financier de la phase I du PGEH pour la République islamique d'Iran**

Agence	Approuvé (\$ US)	Décaissé (\$ US)	Taux de décaissement (en %)
PNUD	4 340 246	4 340 246	100
ONUDI	2 506 277	2 272 256	91
Gouvernement de l'Allemagne	2 885 815	2 885 815	100
PNUE	262 000	262 000	100
<b>Total</b>	<b>9 994 338</b>	<b>9 760 317</b>	<b>98</b>

**Observations du Secrétariat**

123. Le Secrétariat a noté que les activités restantes pour la phase I ont été achevées et que le système d'octroi de permis et de quotas a été appliqué et renforcé grâce au système en ligne. Puisque la mise en service au sein de la dernière entreprise (Ermersun) n'a été achevée qu'en février 2019, cela devrait être considéré comme la date d'achèvement de la phase I, plutôt que le 31 décembre 2018.

124. En examinant le RAP, le Secrétariat a noté qu'un rapport rectifié devrait être présenté lorsque l'ONUDI aura achevé les paiements restants associés à la conversion chez Emersun. L'ONUDI a estimé que ces paiements seraient effectués au cours des deux prochains mois. Le Secrétariat a également noté que le RAP n'incluait pas d'informations suffisantes concernant les mesures prises afin de garantir que les équipements ou composants spécifiques remplacés avaient réellement été détruits ou rendus inutilisables, en accord avec la décision 22/38(c). En conséquence, le Secrétariat a demandé que le RAP rectifié inclut ces informations pour tous les projets d'investissements qui ont été complétés.

**Recommandation du Secrétariat**

125. Le Comité exécutif pourrait envisager :

- (a) De prendre note du rapport périodique final sur la mise en œuvre du programme de travail associé à la quatrième tranche de la phase I du plan de gestion de l'élimination des HCFC (PGEH) pour la République islamique d'Iran, présenté par le PNUD et contenu dans le document UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11;

- (b) De demander au Gouvernement de la République islamique d'Iran, au PNUD, à l'ONUDI, au PNUE et au gouvernement de l'Allemagne de présenter un rapport d'achèvement de projet rectifié, incluant :
- (i) Le décaissement final pour la phase I du PGEH et tout solde à rembourser au Fonds;
  - (ii) Les informations détaillées concernant les mesures prises pour garantir que les équipements ou composants spécifiques remplacés avaient réellement été détruits ou rendus inutilisables, en accord avec la décision 22/38(c).

Jordanie : Plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase II) – Modification de la technologie dans cinq entreprises, du HFO-1233zd(E) vers le cyclopentane comme agent de gonflage de la mousse (Banque mondiale et ONUDI)

### Contexte

126. À la 77<sup>e</sup> réunion, le Comité exécutif a approuvé, en principe, la phase II du PGEH pour la Jordanie<sup>21</sup>, pour la période de 2017 à 2022 afin de réduire la consommation de HCFC de 50 % par rapport à sa valeur de référence, pour un montant de 3 289 919 \$ US, soit 2 075 236 \$ US, plus des coûts d'appui d'agence de 145 267 \$ US pour la Banque mondiale, et 999 455 \$ US, plus des coûts d'appui d'agence de 69 961 \$ US pour l'ONUDI. En approuvant la phase II, le Comité exécutif a entre autres noté que le gouvernement de la Jordanie disposerait de flexibilité dans l'utilisation des fonds approuvés pour le secteur de la mousse de polyuréthane afin de parvenir à une élimination harmonieuse et efficace du HCFC-141b, conformément à son Accord avec le Comité exécutif (décision 77/45(b)(iii)).

127. Le plan du secteur de la mousse de PU pour la phase II du PGEH inclut la conversion de trois grandes entreprises, Jordan Pioneer pour Metal Industry (Jordan Pioneer), Al Safa pour Sheet Metal Industry and Panel Co (Al Safa) et Jordan Manufacturing and Services Solutions (JMSS), 43 petites et moyennes entreprises (PME) et six entreprises utilisant de la mousse à vaporiser. L'élimination totale approuvée dans le plan sectoriel de la mousse était de 33,07 tonnes PAO.<sup>22</sup> Parmi ces entreprises, Jordan Pioneer a accepté de se convertir au cyclopentane comme agent de gonflage; les entreprises de mousse restantes ont accepté de se convertir au HFO, puisque cela impliquait des coûts différentiels d'investissement minimaux; il était attendu que les formulations réduites à base de HFO soient disponibles dans un avenir proche à un prix concurrentiel, étant donné la réduction de la disponibilité du HCFC-141b et une augmentation correspondante des tarifs. Le Tableau 6 présente un sommaire des fonds approuvés et associés à l'élimination de HCFC-141b pour ces entreprises.

**Tableau 6. Coûts différentiels approuvés pour l'élimination des HCFC dans le secteur des mousses pour la phase II de la Jordanie**

Particuliers	Coûts différentiels approuvés en \$ US	Élimination en tonnes PAO
Mousse de PU (trois grandes entreprises)	480 889	9,77
Mousse de PU (43 PME) <sup>23</sup>	799 794	14,61
Mousse à vaporiser (six entreprises)	411 212	8,69
Total	1 691 895	33,07

<sup>21</sup> UNEP/OzL.Pro/ExCom/77/51

<sup>22</sup> La phase II du PGEH entraînera l'élimination de 38,91 tonnes PAO de HCFC-141b dans toutes les utilisations (incluant la réfrigération domestique et commerciale), soit 27,6 tonnes PAO de HCFC-141b en vrac et 11,31 tonnes PAO de HCFC-141b contenu dans les polyols prémélangés importés.

<sup>23</sup> L'une des 43 PME, Enjaz Jordan pour Steel Structure, est inadmissible.

128. Lors de la mise en œuvre du projet, cinq<sup>24</sup> des 51 entreprises de mousse de PU produisant des panneaux et d'autres produits, notamment Al Safa, Shams Al-ram Tri, Yousef Workshop pour Metal Industries, Al-Qanadeel, et Prefabricated Building (Maani) ont demandé un changement de technologie pour le cyclopentane plutôt que le HFO-123zd(E) initialement proposé. Ce changement de technologie est demandé, puisque les entreprises estiment que la technologie au cyclopentane est mature et que son coût d'exploitation est inférieur comparativement aux formulations à base HFO. Les représentants des entreprises ont eu des discussions avec les sociétés de formulation, les fournisseurs d'équipements et les producteurs de mousse pendant la tournée d'étude en Égypte entreprise en février 2019 dans le cadre de la diffusion d'informations et de partage d'expérience sur la technologie. Pendant la tournée d'étude, les entreprises ont développé une meilleure compréhension de la situation de l'approvisionnement pour les formules de polyols à base HFO et les aspects de sécurité associés à l'usage du cyclopentane comme agent de gonflage et ont décidé d'adopter le cyclopentane en raison du coût élevé et de la durée de vie plus courte des formulations à base HFO. Ces entreprises étaient également engagées à investir des fonds supplémentaires, selon les besoins, pour mettre en œuvre la conversion vers le cyclopentane de façon sûre.

129. Par conséquent, en accord avec le paragraphe 7(a)(vii) de l'Accord entre le gouvernement de la Jordanie et le Comité exécutif, le gouvernement, par le biais de la Banque mondiale a présenté une demande pour remplacer la technologie à base de HFO au sein de cinq entreprises pour des agents de gonflage de mousse à base de cyclopentane.

#### Coûts différentiels

130. Les coûts différentiels estimés pour la conversion des cinq entreprises vers le cyclopentane, tels que présentés, sont indiqués dans le Tableau 7. Les coûts de conversion vers le HFO, tel qu'ils sont approuvés, incluent les coûts différentiels d'investissement connexes à l'aide technique, aux essais et aux tests, ainsi qu'aux coûts différentiels d'exploitation basés sur les coûts des formulations utilisant des HFO. Les coûts d'investissement vers le cyclopentane sont plus élevés, particulièrement en raison d'investissements pour des équipements d'entreposage supplémentaires, le remplacement d'applicateurs de mousse, l'installation de systèmes de sécurité dans les installations de fabrication, ainsi qu'une vérification de la sécurité et la formation des employés. L'usage du cyclopentane entraîne des économies d'exploitation en raison du faible coût des formulations au cyclopentane comparativement à celles au HCFC-141b.

**Tableau 7. Coût différentiel rectifié de la conversion vers des agents de gonflage à base de cyclopentane (\$ US)**

Entreprises	HFO-1233zd(E)	Cyclopentane*
Al Safa	205 000	383 283
Shams Al-ram Tri	130 077	391 063
Yousef Workshop pour Metal Industries	112 844	392 207
Al-Qanadeel	88 718	393 810
Prefabricated Buildings (Maani)	87 539	393 886
<b>Total</b>	<b>624 178</b>	<b>1 954 249</b>

\* Tel que donné dans la proposition de la Banque mondiale.

<sup>24</sup> Des lettres confirmant ce changement de technologie provenant du Ministère de l'Environnement de la Jordanie, ainsi que des cinq entreprises, toutes datées du 4 avril 2019, ont été fournies. Initialement, six entreprises ont exprimé leur intérêt pour l'adoption du cyclopentane plutôt que des HFO; cependant, après des consultations entre la Banque mondiale, le gouvernement et les entreprises, seules cinq d'entre elles ont choisi d'adopter le cyclopentane.

## Observations du Secrétariat

131. Le Secrétariat a noté que l'Accord entre le gouvernement de la Jordanie et la Banque mondiale avait été signé et que les activités de mise en œuvre du projet pour la phase II avaient commencé en janvier 2018.

132. Le Secrétariat a demandé des clarifications sur la façon dont ce changement affecterait les projets de conversion restants dans l'industrie. La Banque mondiale a précisé que dans le secteur de la mousse, la consommation de HCFC-141b des entreprises restantes était petite et qu'il n'y avait aucune proposition de changement de technologie à cette étape. La mise en œuvre du projet de conversion se poursuivra à une date ultérieure.

133. Concernant la disponibilité du cyclopentane, la Banque mondiale a indiqué que le cyclopentane était accessible auprès de fournisseurs commerciaux et qu'il pouvait être importé d'Égypte et d'autres pays; les équipements destinés à l'usage du cyclopentane étaient également accessibles auprès de fournisseurs des pays voisins, comme l'Égypte et les Émirats arabes unis.

134. Le Secrétariat a examiné les coûts de conversion basés sur les coûts de projet qui étaient convenus dans la phase II du PGEH pour la conversion vers le cyclopentane pour Jordan Pioneer, qui s'est converti au cyclopentane et dont la taille est comparable à ces entreprises; les coûts différentiels rectifiés sont indiqués dans le Tableau 8. Le changement de technologie entraînerait un coût différentiel rectifié de 768 652 \$ US; les cinq entreprises ont confirmé, dans des lettres individuelles, qu'elles assumeraient les coûts supplémentaires pour le changement de technologie vers le cyclopentane. Puisque les agents de gonflage à base de HFO ou de cyclopentane sont des technologies à faible PRG, les répercussions sur les gaz à effets de serre devraient être négligeables.

**Tableau 8. Coûts différentiels rectifiés de la conversion vers des agents de gonflage à base de cyclopentane (\$ US)**

Entreprises	HFO-1233zd(E)	Cyclopentane	Différence
Al Safa	205 000	221 283	16 283
Shams Al-ram Tri	130 077	237 951	107 874
Yousef Workshop pour Metal Industries	112 844	240 402	127 558
Al-Qanadeel	88 718	243 834	155 116
Prefabricated Building (Maani)	87 539	244 002	156 463
<b>Total</b>	<b>624 178</b>	<b>1 187 472</b>	<b>563 294</b>

135. Finalement, le Secrétariat a noté que le changement de technologie entraînerait une adoption durable des technologies à faible PRG dans le domaine des mousses au sein de ces entreprises et que cela facilitera l'atteinte des cibles pour la conformité de la Jordanie.

## Recommandation du Secrétariat

136. Le Comité exécutif pourrait envisager :

- (a) De prendre note de la demande présentée par la Banque mondiale au nom du gouvernement de la Jordanie pour le changement de technologie dans la conversion de cinq entreprises vers les agents de gonflage de la mousse à base de cyclopentane plutôt que le HFO-1233zd dans la phase II du plan de gestion de l'élimination des HCFC (PGEH) pour la Jordanie, telle que contenue dans le document UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11;
- (b) D'approuver le changement de technologie mentionné ci-dessus au sous-paragraphe (a), en prenant note que les entreprises assumeraient les coûts supplémentaires pour ce changement de technologie pour la conversion du HCFC-141b vers le cyclopentane.

Maldives : Plan de gestion de l'élimination des HCFC (projet de démonstration pour les solutions de remplacement sans HCFC et à faible PRG pour la réfrigération dans le secteur de pêches) (PNUE et PNUD)

## Contexte

137. Lors de sa 76<sup>e</sup> réunion, le Comité exécutif a approuvé le projet de démonstration sur les solutions de remplacement sans HCFC et à faible PRG pour la réfrigération dans le secteur des pêches aux Maldives<sup>25</sup>, pour un montant de 141 000 \$ US, plus des coûts d'appui d'agence de 12 690 \$ US (décision 76/34).

138. Le projet a été approuvé pour identifier, entre autres, les technologies de remplacement à faible PRG pour les HCFC qui sont utilisés dans les équipements de réfrigération avec une charge de frigorigènes de 150 kg à 200 kg dans le secteur des pêches, et pour convertir des équipements de réfrigération fonctionnant au HCFC-22 dans trois navires de pêche vers des technologies à faible PRG.

139. Lors de la 80<sup>e</sup> réunion<sup>26</sup>, le PNUD, à titre d'agence d'exécution pour le projet de démonstration, a rapporté que le gouvernement avait sélectionné le R-448A, un mélange ininflammable de HFO et de HFC<sup>27</sup> avec un PRG de 1 386 comme solution de remplacement. Le PNUD a demandé conseil pour savoir si le pays pouvait poursuivre le projet de démonstration en utilisant cette solution. Le Comité exécutif a demandé au PNUD de continuer à explorer d'autres solutions à faibles PRG et d'en faire un rapport à la 81<sup>e</sup> réunion.

140. Lors de la 81<sup>e</sup> réunion<sup>28</sup>, le PNUD a présenté le rapport final sur le projet de démonstration. Ce rapport concluait que le R-448A demeurait le meilleur nouveau frigorigène pour remplacer le HCFC-22 utilisé dans les navires de pêche aux Maldives. Le Comité exécutif a pris note du rapport sur le projet de démonstration et a demandé au PNUD d'inclure, dans le rapport périodique sur la mise en œuvre de la phase I du PGEH du pays, les informations détaillées sur les activités entreprises au moment de la conversion des systèmes de réfrigération fonctionnant au HCFC-22 dans les trois navires de pêche et de continuer à explorer les autres solutions de remplacement à faible PRG.

141. Le PNUE, à titre d'agence d'exécution principale du PGEH, a présenté à la 83<sup>e</sup> réunion un rapport périodique sur la mise en œuvre du projet de démonstration pour la conversion de trois navires de pêche.

142. En mars 2019, le frigorigène R-448A, de l'huile pour compresseur et d'autres matériaux divers ont été fournis et la conversion a été amorcée en suivant les lignes directrices données par le fournisseur du frigorigène R-448A. Aucune modification importante n'a été apportée au système de réfrigération, sauf le changement d'huile du compresseur, les joints d'étanchéité et le filtre déshydrateur, avant de remplacer le HCFC-22 par le R-448A. Un navire de pêche a été converti avec succès au R-448A.

143. La conversion peut être effectuée par un technicien en réfrigération et climatisation ordinaire et complétée dans un délai raisonnable sans perturbation majeure des opérations du navire. Les navires de pêche convertis ont été observés pour obtenir une performance améliorée, puisqu'il faut juste un peu moins de temps qu'avant la conversion pour que le système de réfrigération converti abaisse la température à zéro.

---

<sup>25</sup> UNEP/OzL.Pro/ExCom/76/40.

<sup>26</sup> UNEP/OzL.Pro/ExCom/80/12.

<sup>27</sup> HFO-1234yf, HFO-1234ze, HFC-32, HFC-125 et HFC-134a; 20/7/26/26/21 pour cent.

<sup>28</sup> UNEP/OzL.Pro/ExCom/81/10.

144. Le rapport a également souligné que le frigorigène R-448A était actuellement indisponible sur le plan commercial dans le marché des Maldives. La petite quantité de R-448A achetée précisément pour le projet de démonstration avait un prix de 55,31 \$ US/kg, comparativement à 9 \$ US/kg pour le HCFC-22. Cela pourrait constituer un obstacle dans l'adoption de la nouvelle technologie dans le secteur des pêches.

### **Observations du Secrétariat**

145. Répondant à une demande de clarification, le PNUD a indiqué que les mesures détaillées de performance, incluant la pression et la température des côtés de l'aspiration et du refoulement, avaient été réalisées. Les données montrent une légère amélioration de la performance du navire converti, ainsi qu'une légère amélioration (non significative) en ce qui concerne l'efficacité énergétique. Ces données seront collectées de façon continue dans les deux autres navires convertis. Les deux navires restants seront convertis avant mai 2019, et le rapport final sur tous les résultats atteints, ainsi que les informations financières sur la conversion des trois navires seront présentés à la 84<sup>e</sup> réunion.

146. Le Secrétariat a noté que le frigorigène R-448A n'était pas disponible sur le plan commercial pour le marché des Maldives et que les tarifs des quantités importées pour le projet étaient élevés. Le PNUE a expliqué que lorsque l'approvisionnement en R-448A deviendrait disponible en quantités suffisantes sur le marché asiatique, le coût du frigorigène baisserait.

147. Le Secrétariat s'est en outre renseigné sur la consommation dans le secteur des pêches et pour savoir si le gouvernement anticipait les défis afin de respecter la réduction de 97,5 % d'ici 2020, tel que le prévoit le PGEH. Le PNUE a indiqué que la plupart des navires de pêche utilisaient toujours le HCFC-22, le secteur des pêches comptant pour environ 10 % à 20 % de la consommation de HCFC-22. Cependant, la demande dans le secteur des pêches semble décliner, en raison de l'interdiction concernant les équipements fonctionnant au HCFC en vigueur depuis 2016. Le gouvernement des Maldives se concentre fortement sur la conception de solutions de remplacement à faible PRG et de formules à bon rendement énergétique; par conséquent, les nouveaux navires de pêche importés et les installations établies utiliseront des réfrigérants à faible PRG, ce qui aidera le pays à atteindre sa cible de réduction de 97,5 % d'ici 2020.

148. Un rapport financier indiquait que, sur le montant de 141 000 \$ US approuvé pour le projet de démonstration, 94 378 \$ US (67 %) avaient été décaissés et que le solde de 46 622 \$ US avait été entièrement investi.

### **Recommandation du Secrétariat**

149. Le Comité exécutif pourrait envisager :

- (a) De prendre note avec satisfaction du rapport périodique présenté par le PNUD sur le projet de démonstration pour les solutions de remplacement sans HCFC et à faible PRG pour la réfrigération dans le secteur des pêches aux Maldives;
- (b) De demander au PNUD de présenter le rapport périodique sur la mise en œuvre de la phase I du plan de gestion de l'élimination des HCFC aux Maldives.

Macédoine du Nord : Plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase I, mise à jour sur la conversion de l'entreprise de mousses Sileks) (ONUDI)

## **Contexte**

150. Lors de sa 82<sup>e</sup> réunion, le Comité exécutif a évalué la huitième tranche du PGEH pour la Macédoine du Nord. L'ONUDI a expliqué qu'un incendie avait détruit les installations de l'entreprise de mousses Sileks en 2016, avant l'amorce de la conversion, alors que l'ONUDI n'en avait été informée qu'en septembre 2018, lors d'une visite au pays. Aucune décision n'avait été prise pour déterminer si l'entreprise poursuivait la conversion prévue ou si les fonds étaient remboursés. Par conséquent, le Comité exécutif a approuvé la huitième tranche, étant entendu qu'une mise à jour sur la conversion de l'entreprise de mousses Sileks serait fournie à la 83<sup>e</sup> réunion dans le cadre des rapports sur les projets aux exigences particulières en matière de rapport (décision 82/53(a)).

151. L'ONUDI, au nom du gouvernement de la Macédoine du Nord, a présenté une mise à jour sur la conversion de Sileks, en accord avec la décision 82/53(a).

### Mise à jour

152. L'ONUDI a poursuivi ses discussions avec le gouvernement et a entrepris une mission chez Sileks. L'incendie a entraîné la destruction complète de l'entreprise, qui n'est pas en mesure d'assumer des investissements financiers supplémentaires. En conséquence, l'ONUDI et le gouvernement de la Macédoine du Nord ont convenu d'annuler le projet et de rembourser les fonds correspondants de 30 000 \$ US, plus des coûts d'appui d'agence de 2 250 \$ US, au Fonds multilatéral.

## **Recommandation du Secrétariat**

153. Le Comité exécutif pourrait envisager de :

- (a) Prendre note de la mise à jour, fournie par l'ONUDI, sur la conversion de l'entreprise de mousses Sileks, financée en vertu de la phase I du plan de gestion de l'élimination des HCFC (PGEH) pour la Macédoine du Nord, contenue dans le document UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11;
- (b) Prendre note que l'entreprise de mousses Sileks a décidé de se retirer du PGEH pour la Macédoine du Nord, et que les 30 000 \$ US, plus des coûts d'appui d'agence de 2 250 \$ US pour l'ONUDI, associés à l'entreprise ont déjà été remboursés à la 83<sup>e</sup> réunion.

Suriname : Plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase I, troisième tranche) (PNUE)**Contexte**

154. Lors de sa 81<sup>e</sup> réunion, le Comité exécutif a évalué la demande pour la troisième tranche de la phase I du PGEH pour le Suriname et a noté les inquiétudes soulevées par le Secrétariat concernant les systèmes de permis et de surveillance au pays par rapport au processus de dédouanement des importations de HCFC, à l'enregistrement des HCFC sous les différents codes du système harmonisé (SH) et l'absence de pénalités ou de mesures incitatives encourageant les importateurs à suivre les procédures adéquates afin de rapporter les importations de HCFC. Par la suite, le Comité exécutif a demandé au PNUE, entre autres, de fournir une mise à jour à la 83<sup>e</sup> réunion sur les mesures prises par le gouvernement du Suriname pour renforcer le système de permis et de surveillance des HCFC, en remédiant aux difficultés identifiées dans l'examen du rapport de vérification sur les HCFC du Secrétariat (décision 81/51(b)). Le Comité a également décidé que le financement dans le cadre de la dernière tranche de la phase I du PGEH pour le Suriname ne sera évalué qu'après que le gouvernement du Suriname ait remédié à toutes les difficultés identifiées dans le rapport de vérification et mis en œuvre les mesures pertinentes, renforçant ainsi les systèmes de permis et de quotas pour les importations et exportations (décision 81/51(c)(i)).

155. En réponse à la décision 81/51(b), le PNUE, au nom du gouvernement du Suriname, a fourni un rapport sur les efforts entrepris par le gouvernement du Suriname afin de renforcer le système de permis et de surveillance des HCFC, qui est résumé ci-après :

- (a) L'UNO a amorcé des discussions en janvier 2019 sur la mise en œuvre des exigences obligatoires de lettres de non-objection<sup>29</sup> pour les importations de HCFC avec des institutions comme les douanes, le Ministère du Commerce, de l'Industrie et du Tourisme (MoTIT) et le Bureau de la santé publique, qui sont impliquées dans le traitement et la surveillance des transactions d'importation et d'exportation. Comme mesure intérimaire, les entités gouvernementales ont convenu que les cargaisons de SAO ne seraient pas dédouanées sans la lettre de non-objection. La lettre de non-objection a été rendue obligatoire aux importateurs pour présenter une demande d'importation au MoTIT. L'inspection de la cargaison ne peut être réalisée que par le Bureau de la santé publique, conformément aux lois nationales;
- (b) L'UNO a consulté les autorités douanières en ce qui concerne la formation des courtiers et des agents douaniers en matière de descriptions de produits pour les HCFC et les codes du SH. On anticipe que la formation sera menée entre avril et septembre 2019. Les partenaires de cette formation incluront l'Association en climatisation, réfrigération et ventilation du Suriname (ARVAS) et au moins un importateur;
- (c) Depuis novembre 2018, l'UNO a amorcé le processus de mise en activité d'un système en ligne, qui doit être établi d'ici juin 2019, afin de traiter les demandes de permis d'importations. Le MoTIT établit également un système de permis électronique national qui inclura les SAO; cela permettra l'échange en ligne de données sur les importations et des vérifications indépendantes des importations de frigorigènes rapportées. Afin de surveiller le commerce et l'usage des HCFC, l'UNO collabore étroitement avec le MoTIT et l'ARVAS pour établir un système de registre pour tous les achats de réfrigérants et qui fera partie du système en ligne du MoTIT.

<sup>29</sup> La lettre de non-objection est un prérequis pour l'importation de HCFC en vertu du système de quotas; elle est délivré aux importateurs par l'UNO avant les importations de HCFC.

- (d) Les douanes et le MoTIT partagent des données sur les importations de tous les frigorigènes et équipements de réfrigération et de climatisation avec l'UNO sur une base semestrielle depuis 2018.

### **Observations du Secrétariat**

156. Le Secrétariat a pris note avec satisfaction des efforts réalisés par le gouvernement du Suriname sur le renforcement du système de permis, notant que ces efforts devaient être étroitement surveillés durant l'élimination des HCFC.

157. Répondant à une demande de clarification sur le rôle de l'UNO dans le processus de vérification des importations, le PNUE a indiqué que l'inspection des cargaisons relevait du Bureau de la santé publique conformément aux lois nationales; les lettres de non-objection sur les importations délivrées par l'UNO sont nécessaires afin de permettre l'importation de HCFC et, ainsi, l'UNO possède un contrôle opérationnel sur le processus d'importation avant que l'importation soit effectuée.

158. Le PNUE a indiqué que, pour garantir l'exactitude des codes du SH et des descriptions de produits dans les documents administratifs uniques (DAU)<sup>30</sup> pour les importations, la formation sur les entrées de données dans les DAU pour les agents douaniers et les courtiers, l'ARVAS et d'autres parties prenantes pertinentes avait été suggérée; un outil de référence rapide sera également fourni pour aider les courtiers à inscrire les bonnes données dans les DAU.

159. En ce qui concerne la question sur les rapports périodiques des données et de l'actualisation des données, le PNUE a indiqué que les importateurs présentaient les données une fois par an en se basant sur les lettres de non-objection; des discussions sont enclenchées afin de demander aux importateurs de rapporter les données deux fois par an. L'UNO planifie en outre de discuter d'un processus de rapport semestriel des ventes avec les détaillants, avec le soutien de l'ARVAS.

160. Répondant à une demande de clarification sur les pénalités ou les mesures incitatives pour encourager les importateurs à suivre les procédures adéquates afin de rapporter correctement les importations de HCFC, le PNUE a expliqué que si une violation procédurale était observée, les demandes d'importation ne seraient pas traitées jusqu'à ce que des mesures correctives soient entreprises par les importateurs, en accord avec les règles du MoTIT et des douanes.

161. Le PNUE a également mentionné que son PAC a soutenu le gouvernement du Suriname dans la conception, la révision et la mise en œuvre de politiques et de règles concernant les enjeux connexes à la détection et à la prévention du commerce illégal; une formation a également été fournie à l'administrateur national des bureaux de l'ozone concernant les procédures de mise en œuvre du Protocole de Montréal, incluant la surveillance et la communication des données.

### **Recommandation du Secrétariat**

162. Le Comité exécutif pourrait envisager :

- (a) De prendre note du rapport sur les efforts entrepris par le gouvernement du Suriname afin de renforcer le système de permis et de surveillance des HCFC, présenté par le PNUE et contenu dans le document UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11;

---

<sup>30</sup> Un document administratif unique (DAU) doit être rempli par les importateurs pour dédouaner la marchandise dans les importations de HCFC.

- (b) De réitérer la décision 81/51(c)(i) selon laquelle le financement dans le cadre de la dernière tranche de la phase I du plan de gestion de l'élimination des HCFC pour le Suriname ne sera évalué par le Comité exécutif que lorsque le gouvernement du Suriname aura remédié à toutes les difficultés identifiées dans le rapport de vérification et mis en œuvre des mesures pertinentes, renforçant ainsi les systèmes de permis et de quotas des importations et des exportations.

Tunisie : Plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase II) – Demande d'annulation du plan du secteur de la climatisation et mise à jour de l'Accord (ONUDI, PNUE et gouvernement de la France)

163. Au nom du gouvernement de la Tunisie, l'ONUDI, à titre d'agence d'exécution principale et de responsable du plan du secteur de la climatisation résidentielle dans la phase I du PGEH<sup>31</sup>, a présenté une demande pour annuler le plan du secteur de la climatisation du PGEH, et pour mettre à jour l'Accord entre le gouvernement et le Comité exécutif pour la réduction de la consommation de HCFC.

164. Dans sa lettre<sup>32</sup> adressée à l'ONUDI, le gouvernement de la Tunisie a indiqué avoir découvert, après l'évaluation de la situation actuelle dans le secteur de la climatisation, que les entreprises bénéficiaires éprouvaient des difficultés techniques et financières afin de se convertir vers la technologie de remplacement convenue (c.-à-d. le R-290). En conséquence, il a autorisé l'ONUDI à annuler le financement de 1 108 275 \$ US, plus les coûts d'appui d'agence, approuvé en principe pour le plan sectoriel et à rembourser les soldes connexes au plan sectoriel. Le gouvernement a en outre demandé que la période de mise en œuvre du PGEH soit prorogée de 2018 à 2020 afin de compléter les activités restantes dans le cadre de la phase I.

165. L'ONUDI a indiqué que le gouvernement de la Tunisie avait convenu que la consommation associée au secteur de la fabrication des appareils de climatisation de 79,3 tm (4,36 tonnes PAO) serait considérée comme entièrement éliminée et déduite de la consommation admissible restante, en plus de la consommation associée au secteur de l'entretien, conformément à l'Accord initial. Le Tableau 9 indique la consommation actuelle de HCFC en Tunisie.

**Tableau 9. Consommation de HCFC en Tunisie (2014-2017, données de l'Article 7, données du programme du pays de 2018)**

HCFC	2014	2015	2016	2017	2018	Valeur de référence
<b>Tonnes métriques</b>						
HCFC-22	610,43	629,75	463,562	501,535	471,13	709,34
HCFC-141b	8,46	8,46	0	8,25	0	14,57
Total (tm)	618,89	638,21	464,062*	509,785	471,13	723,91
<b>Tonnes PAO</b>						
HCFC-22	33,57	34,63	25,50	25,78	25,91	39,01
HCFC-141b	0,93	0,93	0	0,91	0	1,61
Total (tonnes PAO)	34,5	35,56	25,50	28,49	25,91	40,62

\*HFC-123 (0,5 tm) rapporté en 2016.

166. L'ONUDI a en outre indiqué que le solde provenant du plan du secteur de la climatisation de 900 489 \$ US, soit 340 237 \$ US et les coûts du groupe de gestion des projets (PMU) associés de 21 792 \$ US, plus des coûts d'appui d'agence de 25 342 \$ US pour l'ONUDI et 454 087 \$ US, plus des

<sup>31</sup> La phase I du PGEH pour la Tunisie, pour la période allant de 2014 à 2018, afin de réduire la consommation de HCFC de 15 % sous la valeur de référence, a été approuvée en principe à la 72<sup>e</sup> réunion, pour un montant de 1 966 209 \$ US, soit 1 100 195 \$ US, plus des coûts d'appui d'agence de 77 014 \$ US pour l'ONUDI, 100 000 \$ US, plus des coûts d'appui d'agence de 13 000 \$ US pour le PNUE, et 600 000 \$ US, plus des coûts d'appui d'agence de 76 000 \$ US pour le gouvernement de la France (décision 72/36(a)).

<sup>32</sup>Lettre du 15 mars 2019 adressée à l'ONUDI par le Ministère de la Protection environnementale de la Tunisie.

coûts d'appui d'agence de 59 031 \$ US pour le gouvernement de la France, approuvés dans le cadre des première et deuxième tranches de la phase I du PGEH, sera remboursé à la 84<sup>e</sup> réunion.

167. L'ONUDI a fourni un plan rectifié pour la mise en œuvre des composants restants de la phase I du PGEH qui sera achevé en 2020, comme ceci :

- (a) Achever l'adoption de mesures législatives auxiliaires afin d'aligner le nouveau système de certification avec les exigences du Forum européen pour la régulation du gaz;
- (b) Compléter la conversion de l'entreprise restante dans le secteur des solvants et préparer les rapports d'achèvement;
- (c) Poursuivre la formation des autorités douanières et d'autres parties prenantes, conjointement avec les formateurs du secteur de l'entretien, au sujet de l'identification des frigorigènes;
- (d) Poursuivre les activités de formation pour les formateurs des écoles professionnelles afin d'inclure les éléments requis des modules de formation pratique mis à jour qui seront utilisés pour la future formation des techniciens, et poursuivre la formation des techniciens;
- (e) Poursuivre la mise en œuvre du programme incitatif de remplacement des équipements afin d'encourager l'usage des nouveaux frigorigènes de remplacement pour les utilisateurs finaux sélectionnés;
- (f) Poursuivre les programmes des campagnes de sensibilisation du public abordant les bonnes pratiques et les compétences d'entretien sécuritaires dans l'usage des frigorigènes de remplacement.

168. L'ONUDI propose de répartir le financement de la phase I, après la déduction du financement pour le plan du secteur de la climatisation, et de proroger l'Accord de 2018 à 2020, comme l'indique le Tableau 10.

**Tableau 10. Répartition rectifiée de la tranche pour la phase I du PGEH en Tunisie**

<b>ORIGINALE</b>						
<b>Particuliers</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>Total</b>
Financement convenu pour l'agence principale (ONUDI) (\$ US)	512 885	478 896	0	108 414	0	1 100 195
Coûts d'appui pour l'Agence principale (\$ US)	35 902	33 523	0	7 589	0	77 014
Financement convenu pour l'Agence coopérative (PNUE) (\$ US)	30 000	55 000	0	15 000	0	100 000
Coûts d'appui pour l'Agence de coopération (PNUE) (\$ US)	3 900	7 150	0	1 950	0	13 000
Financement convenu pour l'Agence coopérative (France) (\$ US)	135 690	394 397	0	69 913	0	600 000
Coûts d'appui pour l'Agence coopérative (France) (\$ US)*	17 187	49 957	0	8 856	0	76 000
Financement total convenu (\$ US)	678 575	928 293	0	193 327	0	1 800 195
Total des coûts d'appui d'agence (\$ US)	56 989	90 630	0	18 395	0	166 014
Total des coûts convenus (\$ US)	735 564	1 018 923	0	211 722	0	1 966 209
<b>RECTIFIÉE</b>						
	<b>2014</b>	<b>2016</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>Total</b>

<b>ORIGINALE</b>						
<b>Particuliers</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>Total</b>
Financement convenu pour l'agence principale (ONUDI) (\$ US)	376 920	71 038	0	57 500	0	505 458
Coûts d'appui pour l'Agence principale (\$ US)	26 384	4 973	0	4 025	0	35 382
Financement convenu pour l'Agence coopérative (PNUE) (\$ US)	30 000	55 000	0	15 000	0	100 000
Coûts d'appui pour l'Agence de coopération (PNUE) (\$ US)	3 900	7 150	0	1 950	0	13 000
Financement convenu pour l'Agence coopérative (France) (\$ US)	38 000	38 000		19 000		95 000
Coûts d'appui pour l'Agence coopérative (France) (\$ US)**	4 940	4 940	0	2 470	0	12 350
Financement total convenu (\$ US)	444 920	164 038		91 500		700 458
Total des coûts d'appui d'agence (\$ US)	35 224	17 063		8 445		60 732
Total des coûts convenus (\$ US)	480 144	181 101		99 945		761 190

\* Calculé à partir du coût total du projet initial de 600 000 \$ US

\*\* Calculé comme 13 % à partir du financement rectifié de 95 000 \$ US après le remboursement

## Observations du Secrétariat

### *Retrait du plan du secteur de la climatisation de la phase I*

169. En examinant cette demande, le Secrétariat a noté que lors de l'examen du projet de la phase I du PGEH, le manque de matériel en pièces détachées à faible PRG disponibles sur le marché nécessitait que ces projets ne commencent qu'en 2016, c.-à-d. deux ans après l'approbation du PGEH. Puisque le matériel en pièces détachées n'était pas disponible au moment de la 76<sup>e</sup> réunion, lorsque la demande pour la deuxième tranche a été approuvée, la mise en œuvre du plan du secteur de la climatisation a été retardée à nouveau. Après un examen complémentaire sur la disponibilité de ce matériel, les quatre entreprises en climatisation ont converti leurs opérations en utilisant du matériel en pièces détachées conçu pour le R-410A depuis 2017, par leurs propres moyens, et ont demandé l'annulation du plan du secteur de la climatisation.

### *Plan d'action rectifié et répartition du financement pour la phase I du PGEH et présentation de la troisième tranche*

170. Le Secrétariat a noté que le plan d'action fourni par l'ONUDI était une continuité des activités qui ont été approuvées dans le cadre de la deuxième tranche, et incluait celles qui seront mises en œuvre pour la dernière tranche. Ces activités soutiendront le pays en maintenant la réduction en matière de consommation de HCFC par l'exécution des bonnes pratiques d'entretien. L'ONUDI présentera la demande pour la troisième tranche de la phase I du PGEH conjointement avec la phase II du PGEH à la 84<sup>e</sup> réunion. L'ONUDI a assuré que les activités dans les secteurs des solvants et de l'entretien en réfrigération étaient actuellement mises en œuvre; la progression de ces activités sera à nouveau examinée lorsque la demande pour la troisième et dernière tranche sera présentée.

### *Version rectifiée de l'Accord du PGEH*

171. Compte tenu du retrait du plan du secteur de la climatisation de la phase I du PGEH et de l'échéancier de financement rectifié, les Appendices 2-A et 8-A de l'Accord entre le gouvernement de la Tunisie et le Comité exécutif ont été mis à jour, et un nouveau paragraphe 16 a été ajouté pour indiquer que l'Accord mis à jour a préséance sur celui conclu à la 72<sup>e</sup> réunion, tel que contenu à l'Annexe III du présent document. L'Accord intégral mis à jour sera joint au rapport final de la 83<sup>e</sup> réunion.

## Recommandation du Secrétariat

172. Le Comité exécutif pourrait envisager :

- (a) De prendre note de la demande du gouvernement de la Tunisie de retirer le plan du secteur de la climatisation résidentielle, mis en œuvre par l'ONUDI et le gouvernement de la France, de la phase I du plan de gestion de l'élimination des HCFC (PGEH) contenu dans le document UNEP/OzL.Pro/ExCom/72/36, en prenant note que toutes les entreprises incluses dans le plan sectoriel ont éliminé leur consommation de HCFC-22 (4,36 tonnes PAO);
- (b) De prendre note en outre :
  - (i) Que le montant de 1 206 919 \$ US, comprenant 513 275 \$ US et les coûts du groupe de gestion de projet (PMU) connexe de 81 462 \$ US, plus des coûts d'appui d'agence de 41 632 \$ US pour l'ONUDI, et 505 000 \$ US, plus des coûts d'appui d'agence de 65 550 \$ US pour le gouvernement de la France, approuvé en principe pour le plan du secteur de la climatisation de la phase I du PGEH, serait retiré de l'Accord entre le gouvernement de la Tunisie et le Comité exécutif;
  - (ii) Le plan rectifié pour le secteur de l'entretien en réfrigération inclus dans la phase I du PGEH;
  - (iii) Que le Secrétariat du Fonds avait mis à jour l'Appendice 2-A de l'Accord entre le gouvernement de la Tunisie et le Comité exécutif, contenu à l'Annexe III du document UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11, afin de refléter le retrait du plan du secteur de la climatisation résidentielle, mis en œuvre par l'ONUDI et le gouvernement de la France, et l'échéancier de financement rectifié, et qu'un nouveau paragraphe 16 a été ajouté pour indiquer que l'Accord mis à jour a préséance sur celui qui a été conclu à la 72<sup>e</sup> réunion, et que l'Appendice 8-A a été retiré;
- (c) De demander à l'ONUDI et au gouvernement de la France de rembourser au Fonds multilatéral les 900 489 \$ US, soit 340 237 \$ US et les coûts de PMU connexes de 21 792 \$ US, plus des coûts d'appui d'agence de 25 342 \$ US pour l'ONUDI, et 454 087 \$ US, plus des coûts d'appui d'agence de 59 031 \$ US pour le gouvernement de la France, associés au plan du secteur de la climatisation approuvé dans le cadre des première et deuxième tranches de la phase I du PGEH, à la 84<sup>e</sup> réunion.

## **PARTIE V : PROJETS DE DÉMONSTRATION SUR DES SOLUTIONS DE REMPLACEMENT DES HCFC À FAIBLE POTENTIEL DE RÉCHAUFFEMENT DE LA PLANÈTE ET ÉTUDES DE FAISABILITÉ CONCERNANT LE REFROIDISSEMENT URBAIN (DÉCISION 72/40)**

### Contexte

173. Lors de ses 74<sup>e</sup>, 75<sup>e</sup> et 76<sup>e</sup> réunions, le Comité exécutif a approuvé trois études de faisabilité concernant le refroidissement urbain (République dominicaine, Égypte, et Koweït) et 17 projets destinés à faire la démonstration de technologies à faible PRP conformément à la décision XXV/5 et à la décision 72/40, incluant : sept projets dans le sous-secteur de la réfrigération et de la climatisation, et de l'assemblage (Arabie saoudite (deux), Chine, Colombie, Costa Rica, Koweït), un projet mondial

(Argentine et Tunisie) et un projet régional (Asie de l'Ouest<sup>33</sup>) ; cinq projets dans le secteur des mousses (Afrique du Sud, Arabie saoudite, Colombie, Égypte, Maroc, et Thaïlande) ; et trois dans le secteur de l'entretien des équipements de réfrigération (Maldives, région d'Europe et d'Asie centrale, et un projet mondial pour les régions d'Afrique de l'Est et des Caraïbes).

174. À la 82<sup>e</sup> réunion deux (sur les trois) études de faisabilité en République Dominicaine et en Égypte, ainsi que six (sur les 17) projets de démonstration en Afrique du Sud, en Chine, en Colombie (2), au Costa Rica et aux Maldives avaient été menés à bien et leurs rapports finals remis au Comité exécutif. Les rapports finals pour l'étude de faisabilité restante et sept des 11 projets de démonstration en cours doivent être présentés à la 83<sup>e</sup> réunion.

175. Les agences bilatérales et d'exécution ont soumis à la 83<sup>e</sup> réunion aux fins d'examen :

- (a) Des rapports finals pour des projets de démonstration en Arabie saoudite (climatisation par la Banque mondiale) et en Thaïlande, et pour l'étude de faisabilité sur le refroidissement urbain au Koweït (les rapports intégraux sont en pièces jointes aux annexes IV, V et VI au présent document) ; et
- (b) Des rapports périodiques sur la mise en œuvre de neuf projets de démonstration.

176. Concernant les rapports périodiques sur les projets de démonstration présentés à la 83<sup>e</sup> réunion, le Secrétariat recommande l'annulation d'un projet (Koweït), et le report de la date d'achèvement pour six projets en Égypte, en Europe et Asie centrale, au Maroc, en Arabie saoudite (2) et en Asie de l'Ouest, tenant compte des progrès signalés et du bon avancement de la phase de mise en œuvre réalisée.

177. La description de chaque rapport, et les observations et les recommandations correspondantes du Secrétariat sont présentées ci-dessous.

Égypte : Démonstration sur les options de reconversion à faible coût à des technologies sans SAO pour les mousses de polyuréthane chez les très petits utilisateurs (PNUD)

### **Contexte**

178. Lors de sa 76<sup>e</sup> réunion, le Comité exécutif a approuvé un projet de démonstration afin d'optimiser des technologies sans SAO dans le secteur des mousses de polyuréthane en Égypte. Le projet devait contribuer à une plus grande disponibilité desdites technologies et présenter des options d'élimination d'un bon rapport coût-efficacité pour les très petits utilisateurs, pour un montant de 295 000 \$US, plus coûts d'appui d'agence de 20 650 \$US pour le PNUD. Le gouvernement de l'Égypte et le PNUD étaient chargés de mener le projet à terme dans les 12 mois suivant son approbation et de soumettre un rapport final complet peu après l'achèvement du projet (décision 76/30).

179. Lors de la 80<sup>e</sup> réunion, le Comité exécutif a reporté la date d'achèvement de projet au 31 décembre 2018, étant entendu qu'aucune autre prolongation ne sera demandée, et a demandé au PNUD de lui remettre le rapport final au plus tard à la 83<sup>e</sup> réunion (décision 80/26 (e)).

### **Rapport périodique**

180. Conformément à la décision 80/26 (e), le PNUD, au nom du gouvernement de l'Égypte, a soumis un rapport final préliminaire sur le projet de démonstration. Bien que la plupart des activités du projet

<sup>33</sup> Projet de démonstration en Asie de l'Ouest sur la promotion de frigorigènes de remplacement pour les pays à température ambiante élevée, désigné sous le nom de PRAHA-II.

soient terminées, le rapport final sera soumis à la 84<sup>e</sup> réunion, une fois achevés les tests effectués sur les équipements de l'entreprise de formulation et avec de petits utilisateurs sélectionnés.

181. Le projet a été mis en œuvre en deux parties : la première partie comprenait le choix des équipements (définition des spécifications de l'équipement, appels d'offres, examen des offres, et fourniture), et la seconde consistait à optimiser des formules de mousse préemballées (c.à.d., sélectionner des entreprises de formulation prêtes à travailler avec ces formules, se procurer les formules préemballées auprès des fournisseurs, et effectuer des essais sur le terrain auprès de petits utilisateurs de mousse).

182. Le volet de choix des équipements comportait un processus d'acquisition, dans le cadre duquel des caractéristiques distinctes visant de petits équipements mobiles destinés aux micro utilisateurs ont été développées pour l'appel d'offres. Après l'examen des offres reçues, trois types de machines de moussage ont été choisies et achetées : une à haute pression, une à basse pression et une autre également à basse pression, destinée aux mousses à peau intégrée (ISF). Ces trois machines ont été distribuées à trois entreprises de formulation aux fins d'évaluation ; cependant, cet aspect du projet n'est pas encore achevé.

183. Les résultats obtenus à partir de l'appel d'offres concernant le volet de choix des équipements ont montré qu'une distributrice de base avec système de « versement sur place » (*pour-in-place* ou PIP) pouvait être achetée pour 5 350 \$US au lieu de 10 000 \$US ; une distributrice de base avec système de vaporisation/PIP pouvait être achetée pour 6 600 \$US au lieu de 10 000 \$US ; et une distributrice de base pour mousses à peau intégrée (ISF) pour 18 480 \$US au lieu de 25 000 à 30 000 \$US.

184. L'objectif du volet chimique du projet était d'assurer la disponibilité de formules préemballées de mousse avec longue durée de conservation pour l'utilisation peu fréquente de la part de très petits utilisateurs. Ceci a été entrepris en identifiant et en rendant visite à au moins un fournisseur de ce type de systèmes, et à des entreprises de formulation locales qui seraient intéressées à distribuer ou développer des produits semblables. Les entreprises de formulation ont manifesté peu d'intérêt du fait que les formules en question étaient très chères.

185. Le PNUD a indiqué que les résultats du projet révélaient ce qui suit :

- (a) Des distributrices de mousse de base pouvaient être disponibles à des prix inférieurs lorsque les caractéristiques étaient clairement identifiées, réduisant ainsi potentiellement les coûts d'équipement de futurs projets de mousse financés par le Fonds multilatéral pour de petits et très petits fabricants de mousse ; et
- (b) Aucun intérêt n'a été manifesté quant à l'utilisation de substances chimiques préemballées, étant donné que celles-ci étaient conçues pour les applications très spécialisées (remplissage autour de poteaux électriques), utilisation peu répandue dans les pays visés à l'article 5, et du fait que les coûts d'investissement correspondants étaient très élevés.

### **Observations du Secrétariat**

186. Le Secrétariat a demandé des éclaircissements sur la façon dont l'équipement choisi a été évalué, notant que celui-ci n'avait pas encore été testé par les entreprises de formulation ni pas les petits utilisateurs de mousse sélectionnés. Le PNUD a expliqué que ces tests seraient achevés d'ici la fin mai 2019, en raison d'un retard dans la livraison. Les caractéristiques des distributrices de mousse ont été fournies aux entreprises de formulation afin d'assurer l'efficacité du déroulement des tests. Une fois que les entreprises de formulation ont fini cette phase, l'équipement sera encore évalué chez un petit utilisateur choisi. Ces activités devraient être achevées d'ici juin 2019.

187. Le Secrétariat a noté les points suivants sur la base du rapport soumis :

- (a) Tandis qu'il semble qu'à la suite du processus d'appel d'offres le PNUD étai en mesure d'identifier des fournisseurs d'équipement qui pouvaient fournir des machines à moussage mobiles à faibles prix, l'utilité et l'efficacité de ces machines n'ont pas été prouvées à l'aide d'essais auprès de très petits utilisateurs ; et
- (b) Les formules préemballées de polyuréthane ne sont pas une option commercialement viable pour les pays visés à l'article 5, du fait que ces formules sont destinées à des applications peu répandues dans ces pays, et que leurs coûts sont très élevés pour de petits utilisateurs.

188. Le Secrétariat a noté que le projet n'était pas achevé en décembre 2018 conformément à la date reportée d'achèvement du projet (décision 80/26 (e)). Cependant, il est important que les tests et l'évaluation des équipements peu coûteux soient menés à bien du fait qu'ils fourniront des conclusions techniques sur l'utilité de ce type d'équipement pour de petits utilisateurs. Le PNUD a indiqué que les essais sur le terrain impliquant trois entreprises de formulation et quelques utilisateurs de mousse en aval seraient réalisés d'ici juin 2019.

189. Notant que les essais de l'équipement sur le terrain constituent la seule activité restante, le Secrétariat recommande une prolongation de ce projet dans le but de recevoir le rapport final détaillé lors de la 84<sup>e</sup> réunion. Ce rapport devra contenir des détails concernant la comparaison des spécifications de l'équipement original par rapport aux unités d'équipement moins chères, les performances réalisées au cours des essais et les recommandations sur leur utilité pour les petits utilisateurs. Le rapport devra également inclure des informations sur les formules de mousse utilisées au cours des tests et les résultats de l'utilisation du nouvel équipement à faibles coûts. Sur la base des activités restantes pour le projet, ce dernier devrait être prolongé jusqu'au 31 juillet 2019 au plus tard.

### **Recommandation du Secrétariat**

190. Le Comité exécutif pourrait envisager de :

- (a) Prendre note du rapport final préliminaire sur la démonstration d'options de reconversion à faibles coûts à des technologies sans SAO dans le secteur des mousses de polyuréthane chez de très petits utilisateurs en Égypte, soumis par le PNUD, figurant dans le document UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11 ;
- (b) À titre exceptionnel, notant les progrès substantiels réalisés jusqu'à présent, reporter à nouveau la date d'achèvement du projet mentionné ci-dessus au paragraphe (a) jusqu'au 31 juillet 2019, étant entendu qu'aucune autre prolongation de mise en œuvre ne sera demandée, et inviter le PNUD à soumettre le rapport final au plus tard à la 84<sup>e</sup> réunion ;
- (c) Demander au PNUD de veiller à ce que le rapport final du projet indiqué ci-dessus au paragraphe (a) soit soumis à la 84<sup>e</sup> réunion et inclut des détails sur la comparaison des caractéristiques de l'équipement original par rapport aux unités optimisées d'un plus faible coût, les performances de l'équipement pendant les essais, y compris celles des formules de mousse utilisées au cours de ces derniers, les résultats de l'utilisation du nouvel équipement, et des recommandations concernant son utilité pour de petits utilisateurs.

Région de l'Europe et de l'Asie centrale (ECA) : Création d'un centre régional d'excellence pour la formation et la certification, et la démonstration de frigorigènes de remplacement à faible potentiel de réchauffement de la planète - rapport périodique (Fédération de Russie)

**Contexte**

191. Au nom des pays de la région d'Europe et d'Asie centrale (ECA), le gouvernement de la Fédération de Russie a soumis le rapport périodique sur le développement d'un centre régional d'excellence pour la formation et la certification, et la démonstration de frigorigènes de remplacement à faible PRP<sup>34</sup>, conformément à la décision 82/22 (f).

192. L'objectif général du projet était d'améliorer la capacité technique des secteurs de la réfrigération et de la climatisation dans des pays de l'Europe de l'Est et de l'Asie centrale (ECA)<sup>35</sup> dans le but de surmonter les obstacles à l'adoption de frigorigènes à faible PRP ; améliorer les pratiques d'entretien ; réduire les niveaux des émissions de gaz-F provenant des équipements existants de réfrigération et de climatisation ; aider les techniciens et les fabricants d'équipements à mieux comprendre la conception et le fonctionnement écoénergétiques des équipements de réfrigération et de climatisation domestiques, commerciaux et industriels. Le gouvernement de la Fédération de Russie a demandé l'aide de l'ONUDI pour mettre en œuvre ce projet.

*Rapport périodique*

193. Le centre régional d'excellence, actuellement mis en place en Arménie par l'intermédiaire du ministère de la Protection de Nature, ouvrira ses portes en septembre 2019. Une fois complètement opérationnel, ce centre fournira des services de formation et de conseils à des pays de la Région Europe-Asie centrale.

194. Les activités suivantes sont mises en œuvre :

- (a) Création d'un site Web (<http://hvacccenter.am/>) pour annoncer les services offerts par le centre et pour fournir un cadre à la formation en ligne à distance ;
- (b) Élaboration de programmes de formation, programmes de certification, et formation des instructeurs ;
- (c) Élaboration d'un programme de cours commun pour les études professionnelles et universitaires couvrant la réfrigération et la climatisation, mis en œuvre par différents pays dans le cadre des activités de leur plan de gestion de l'élimination des HCFC (achevée) ; et
- (d) Traduction en russe du projet de réglementation relative aux gaz à effet de serre fluorés (F-Gaz) en harmonisation avec le Règlement UE N° 517/2014, et développement du système simplifié de certification des techniciens sur les réglementations relatives au F-Gaz afin de faciliter le lancement des programmes de certification dans chacun des pays de l'ECA (achevée).

---

<sup>34</sup> Lors de la 76<sup>e</sup> réunion, le Comité exécutif a approuvé le projet pour un montant de 591 600 \$US, plus les coûts d'appui d'agence de 75 076 \$US pour le gouvernement de la Fédération de Russie, conformément à la décision 72/40 et a demandé au gouvernement de la Fédération de Russie de mener le projet à terme dans un délai de 36 mois suivant son approbation et de remettre un rapport final complet peu après l'achèvement du projet (décision 76/35).

<sup>35</sup> Albanie, Arménie, Bosnie-Herzégovine, Géorgie, République du Kirgiz, Monténégro, Macédoine du nord, République de Moldova, Serbie, Turquie et Turkménistan.

195. Le gouvernement de la Fédération de Russie, par l'intermédiaire de l'ONUDI, avait lancé des procédures d'appel d'offres pour la mise en œuvre du projet de démonstration sur l'utilisation de frigorigènes à faible PRP et de conceptions écoénergétiques.

*Niveau de décaissement des fonds*

196. En date d'avril 2019, sur les 591 600 \$US approuvés, 366 596 \$US avaient été décaissés (62 pour cent).

**Observations du Secrétariat**

197. Le Secrétariat a voulu tirer au clair la date d'achèvement du projet, notant que le rapport comprenait des activités devant être achevées en novembre 2019, tandis que la date d'achèvement de projet était fixée en juin 2019. On lui a expliqué qu'en dépit de l'approbation du projet en 2016, le transfert des fonds par le gouvernement de la Fédération de Russie vers l'ONUDI ne s'est fait qu'en septembre 2017. On prévoit l'achèvement du projet en décembre 2019.

198. En réponse au Secrétariat s'informant sur l'assistance technique fournie par l'intermédiaire du projet, le gouvernement de la Fédération de Russie a indiqué le commencement des activités suivantes : un conseil régional des associations nationales de réfrigération issues des pays bénéficiaires a été mis en place ; des modules d'apprentissage en ligne (e-learning) sur l'utilisation de frigorigènes naturels et le fonctionnement sans danger de systèmes à base d'ammoniac, de CO<sub>2</sub> et d'hydrocarbures étaient en train d'être élaborés afin de soutenir l'enseignement et la formation en ligne ; et des guides sur l'utilisation des modules d'apprentissage en ligne, y compris des versions traduites, seront mis en ligne.

199. Le Secrétariat a noté les progrès importants réalisés dans la mise en œuvre de ce projet en dépit des retards subis au début, et a noté également que le centre allait contribuer au renforcement du secteur de la réfrigération et de la climatisation dans la région Europe-Asie centrale.

**Recommandation du Secrétariat**

200. Le Comité exécutif pourrait envisager de :

- (a) Prendre note du rapport périodique sur la création d'un centre régional d'excellence pour la formation et la certification, et la démonstration de frigorigènes de remplacement à faible potentiel de réchauffement de la planète (PRP) en Europe et en Asie centrale, soumis par le gouvernement de la Fédération de Russie et figurant dans le document UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11 ; et
- (b) Prolonger la date d'achèvement du projet jusqu'au 31 décembre 2019, à titre exceptionnel, notant les progrès substantiels réalisés jusqu'à présent, étant entendu qu'aucune autre prolongation de mise en œuvre ne sera demandée, et demander au gouvernement de la Fédération de Russie de soumettre le rapport final sur le projet mentionné au paragraphe (a) ci-dessus au plus tard à la 85<sup>e</sup> réunion.

Koweït : Rapport sur le projet de démonstration afin d'évaluer la performance des technologies sans HCFC et à faible potentiel de réchauffement de la planète dans les applications de climatisation (PNUD)

**Contexte**

201. Lors de sa 76<sup>e</sup> réunion, le Comité exécutif a approuvé un projet de démonstration en vue d'évaluer la performance de technologies sans HCFC et à faible PRP dans des applications de climatisation au Koweït<sup>36</sup>, à hauteur de 293 000 \$US, plus coûts d'appui d'agence de 20 510 \$US, conformément à la décision 72/40.

202. L'objectif du projet était de démontrer la performance de deux types d'équipements de climatisation actuellement disponibles pour des conditions de température ambiante élevée (TAE) : un système de climatisation d'une capacité de 8 tonnes à base de HFC-32 ; et un mini-refroidisseur d'une capacité de 40 tonnes utilisant comme frigorigène du HC-290, à installer dans quatre emplacements choisis au Koweït. La performance des deux types d'équipements devait être suivie et évaluée en tenant compte de la performance des compresseurs, des condenseurs, des évaporateurs, de l'efficacité énergétique et de la consommation d'énergie, et comparée avec des systèmes à base de HCFC-22 et de R-410a de taille et de capacité similaires.

203. Au nom du gouvernement du Koweït, le PNUD a soumis un rapport sur le projet de démonstration. Ce rapport indiquait que le PNUD n'était pas en mesure de mettre en œuvre le projet en dépit d'une recherche active de fournisseurs pour les équipements proposés à base de R-290 et de HFC-32, étant donné que le processus d'appel d'offres avait abouti à des coûts trois fois supérieurs au montant approuvé. En conséquence, le PNUD et le gouvernement du Koweït demandaient l'annulation du projet, et la restitution des soldes à la 84<sup>e</sup> réunion.

**Observations du Secrétariat**

204. En réponse à la demande d'éclaircissements sur les actions qu'il a entreprises après avoir reçu des offres très élevées pour les équipements, le PNUD a expliqué qu'en concertation avec l'UNO et l'Institut koweïtien pour la recherche scientifique (KISR), il avait été décidé de réduire à 2 le nombre de sites du projet au lieu des 4 prévus initialement, et de procéder à un second appel d'offres. Ce dernier a été annulé après qu'une seule offre avait été reçue avec une offre de prix d'équipement s'élevant à 650 000 \$US. Le PNUD a indiqué que du fait des réglementations financières de l'organisation, ils avaient été obligés de poursuivre le processus d'appel d'offres et n'avaient pas pu trouver d'options pour se procurer l'équipement auprès de cet unique fournisseur, en dépit du nombre restreint d'unités d'équipement nécessaires.

205. Le Secrétariat a fait part de ses préoccupations concernant cette annulation, notant que la proposition de projet avait été rigoureusement examinée ; et le PNUD avait assuré que l'équipement à évaluer était disponible. Le PNUD a expliqué que pendant la mise en œuvre, le prix des équipements proposés était devenu problématique, s'ajoutant aux soucis potentiels sur la sécurité du fonctionnement d'équipements à grande capacité dans des pays où un tel équipement n'avait encore jamais été utilisé, et où les normes n'étaient pas encore en place. Pour ces raisons, le projet ne pouvait pas être mené à bien et devait être annulé, et les soldes restants restitués. Le rapport financier provisoire soumis indiquait qu'aucun décaissement n'avait été fait pour le projet ; le PNUD a également expliqué que la restitution ne pourrait se faire que lors de la 84<sup>e</sup> réunion du fait que les procédures de clôture de projet exigeaient les signatures du PNUD et du gouvernement du Koweït.

---

<sup>36</sup>UNEP/OzL.Pro/ExCom/76/38.

## Recommandation du Secrétariat

206. Le Comité exécutif pourrait envisager d'annuler le projet de démonstration en vue d'évaluer la performance des technologies sans HCFC et à faible PRP dans des applications de climatisation au Koweït, et de demander au PNUD de restituer à la 84<sup>e</sup> réunion un montant de 293 000 \$US, plus coûts d'appui d'agence de 20 510 \$US.

Maroc : Projet de démonstration de l'utilisation d'une technologie de moussage au pentane à faible coût pour la reconversion à des technologies de fabrication de mousses de polyuréthane sans SAO dans des petites et moyennes entreprises (ONUDI)

207. Lors de sa 75<sup>e</sup> réunion, le Comité exécutif a approuvé le projet de démonstration de l'utilisation d'une technologie de moussage au pentane à faible coût pour la reconversion à des technologies de fabrication de mousses de polyuréthane sans SAO dans de petites et moyennes entreprises au Maroc<sup>37</sup>, pour un montant de 280 500 \$US, plus coûts d'appui d'agence de 19 635 \$US pour l'ONUDI (décision 75/41).

208. L'objectif du projet était d'explorer la possibilité de réduire les coûts d'investissement initiaux en concevant une machine de moussage simple, standard, compacte et facile à utiliser, capable de fonctionner avec du pentane inflammable, des équipements et des systèmes de ventilation mobiles utilisables avec différents produits. Le projet devait être mené à bien en 16 mois.

209. Lors de la 80<sup>e</sup> réunion, le Comité exécutif a accepté de prolonger la date d'achèvement de projet jusqu'au 31 décembre 2018, étant entendu qu'aucune autre prolongation de la mise en œuvre du projet ne sera demandée, et a demandé à l'ONUDI de soumettre le rapport final au plus tard à la 83<sup>e</sup> réunion (décision 80/26 (f)).

210. L'ONUDI, au nom du gouvernement du Maroc, a soumis à la 83<sup>e</sup> réunion un bref rapport périodique sur le projet de démonstration. Le document soumis informait que les fournisseurs de la machine de moussage et des substances chimiques avaient été identifiés ; que des produits chimiques et l'équipement avaient été achetés, livrés et l'équipement installé ; et que la mise en service de la production, le démarrage, les essais et la formation devaient être achevés vers la fin de 2019.

## Observations du Secrétariat

211. L'ONUDI a expliqué que le retard important dans la mise en œuvre du projet était dû au fait que l'UNO s'était trouvée dans l'impossibilité de participer à l'excursion d'étude en vue d'identifier des fournisseurs potentiels de polyols prémélangés à base hydrocarbures et de matériel de moussage. En outre, l'équipement devait être installé dans des locaux nouvellement construits situés dans une zone industrielle qui n'était pas prête au moment de la livraison de l'équipement, en 2018. Le Secrétariat a noté que des efforts importants avaient été déployés, que la majorité des activités prévues dans le cadre du projet de démonstration avaient été entreprises et que des dépenses avaient été engagées. Il serait profitable d'achever le projet et de partager les résultats de la démonstration avec tous les autres pays visés à l'article 5. À la suite des entretiens avec l'ONUDI, il a été convenu que le projet serait mené à bien d'ici septembre 2019 et que l'ONUDI soumettrait le rapport final du projet de démonstration à la 84<sup>e</sup> réunion.

<sup>37</sup> UNEP/OzL.Pro/ExCom/75/58.

## Recommandation du Secrétariat

212. Le Comité exécutif pourrait envisager de :

- (a) Prendre note du rapport périodique sur le projet de démonstration de l'utilisation d'une technologie de moussage au pentane à faible coût pour la reconversion à des technologies de fabrication de mousses de polyuréthane sans SAO dans des petites et moyennes entreprises au Maroc, soumis par l'ONUDI et figurant dans le document UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11 ;
- (b) Prolonger la date d'achèvement du projet mentionné ci-dessus au paragraphe (a) jusqu'au 30 septembre 2019, notant les progrès dans l'avancement de la mise en œuvre et la reproductibilité possible des résultats dans plusieurs pays visés à l'article 5 ; et
- (c) Demander à l'ONUDI de soumettre le rapport final du projet mentionné ci-dessus au paragraphe (a) lors de la 84<sup>e</sup> réunion et de restituer tous les soldes restants d'ici la 85<sup>e</sup> réunion.

Arabie saoudite : Projet de démonstration sur la promotion des frigorigènes à base de HFO à faible potentiel de réchauffement de la planète pour le secteur de la climatisation dans des températures ambiantes élevées (ONUDI)

### Contexte

213. Au nom du gouvernement de l'Arabie saoudite, l'ONUDI a soumis à la 83<sup>e</sup> réunion un rapport périodique sur le projet de démonstration sur la promotion des frigorigènes à base de HFO à faible PRP pour le secteur de la climatisation dans des températures ambiantes élevées.

214. Le projet avait été approuvé lors de la 76<sup>e</sup> réunion afin de fabriquer, essayer et optimiser des modèles pilotes de climatiseurs utilisant des mélanges de HFO/HFC à faible PRP ainsi que du R-290, afin de réaliser la démonstration d'un cycle de production et de reconvertir une chaîne de production, pour un montant de 1300 000 \$US, plus coûts d'appui d'agence de 91 000 \$US pour l'ONUDI.

215. Lors de sa 80<sup>e</sup> réunion, le Comité exécutif a accepté de prolonger le projet, reportant son achèvement de mai 2018 au 31 décembre 2018, étant entendu qu'aucune autre prolongation ne sera demandée, et a demandé aux agences d'exécution de soumettre un rapport final au plus tard à la 83<sup>e</sup> réunion (décision 80/26 (g)). Par la suite, un rapport périodique succinct a été soumis à la 82<sup>e</sup> réunion, documentant les importants progrès réalisés dans de nombreuses activités, y compris l'acquisition de de l'équipement et la livraison des composants (par exemple, des compresseurs), avec la livraison de l'équipement de production et la production des premières unités à base de R-290 toujours en instance. Ces activités auraient dû être achevées en décembre 2018.

### *Rapport périodique*

216. En dépit de la livraison du matériel de production, l'installation est toujours en suspens étant donné que l'entreprise a décidé de déplacer la chaîne de production. L'entreprise projette néanmoins d'installer provisoirement l'équipement de sorte que des essais puissent être effectués et le personnel formé ; la ligne de production sera déplacée en septembre 2019. D'autres essais et l'optimisation des unités s'imposent. L'achèvement de ces activités ainsi qu'un atelier destiné à la diffusion des résultats du projet sont prévus d'ici décembre 2019. Sur la base des essais réalisés par l'entreprise, ainsi que sur celle des résultats émanant de PRAHA-II, l'entreprise a décidé de concentrer sa production sur les équipements à base de R-290, bien que l'usage futur des HFO et des mélanges de HFO ne peut pas être exclu.

## Observations du Secrétariat

217. Le matériel a été acheté et livré à l'entreprise ; cependant, quelques activités restantes sont nécessaires pour achever le projet d'ici décembre 2019. Étant donné le bon avancement de la mise en œuvre du projet, et les implications potentielles des résultats dans plusieurs pays visés à l'article 5, le Secrétariat recommande de prolonger le projet jusqu'au 31 décembre 2019, demandant que le rapport final soit soumis à la 85<sup>e</sup> réunion et que tous les soldes restants soient restitués d'ici la 86<sup>e</sup> réunion.

## Recommandation du Secrétariat

218. Le Comité exécutif pourrait envisager de :

- (a) Prendre note du rapport sur le projet de démonstration sur la promotion de frigorigènes à base de HFO à faible PRP pour le secteur de la climatisation dans des températures ambiantes élevées en Arabie saoudite, soumis par l'ONUDI et figurant dans le document UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11 ;
- (b) Prolonger la date d'achèvement du projet mentionné ci-dessus au paragraphe (a) jusqu'au 31 décembre 2019, notant le bon avancement de la mise en œuvre et la possibilité de reproductibilité des résultats dans plusieurs pays visés à l'article 5 ; et
- (c) Demander à l'ONUDI de soumettre le rapport final du projet mentionné ci-dessus au paragraphe (a) au plus tard à la 85<sup>e</sup> réunion et de restituer tous les soldes restants à la 86<sup>e</sup> réunion.

Arabie saoudite : Projet de démonstration chez les fabricants de climatiseurs sur la mise au point de climatiseurs de fenêtre et de climatiseurs monoblocs utilisant des frigorigènes à faible potentiel de réchauffement de la planète - rapport final (Banque mondiale)

## Contexte

219. Lors de sa 76<sup>e</sup> réunion, le Comité exécutif a approuvé un projet de démonstration dans deux entreprises fabriquant des climatiseurs en Arabie saoudite : Saudi Factory for Electrical Appliances Co. Ltd (« SFEA ») et Petra Engineering Industries Co. Ltd. (« Petra »), à hauteur de 796 400 \$US, plus coûts d'appui d'agence de 55 748 \$US pour la Banque mondiale. Lors de l'approbation du projet, le Comité exécutif avait demandé au gouvernement de l'Arabie saoudite et à la Banque mondiale d'achever le projet d'ici mai 2017, et de soumettre un rapport final complet peu après l'achèvement du projet (décision 76/26 (c)).

220. SFEA devait mettre au point deux types de climatiseurs de fenêtre (1,5 à 2 tonnes de réfrigération (TR)<sup>38</sup>) à base de HFC-32 et de R-290, tandis que Petra aller développer des systèmes de climatisation monobloc combinant refroidisseur et prise d'air (11,4 à 28,4 TR), en utilisant les mêmes frigorigènes. À la suite de l'approbation du projet, la Banque mondiale a fait savoir que SFEA a décidé de se retirer du projet du fait de la difficulté d'approvisionnement en compresseurs 60 hertz et du marché en baisse des climatiseurs de fenêtre en Arabie saoudite. En conséquence, 220 000 \$US, plus des coûts d'appui d'agence de 15 400 \$US destinés à la Banque mondiale ont été restitués à la 82<sup>e</sup> réunion (décision 82/22 (b)(i)).

221. Après une mise à jour fournie au cours de la 80<sup>e</sup> réunion, le Comité exécutif a accepté de prolonger la date d'achèvement de projet jusqu'au 30 septembre 2018, étant entendu qu'aucune autre prolongation de mise en œuvre du projet ne sera demandée, et a invité la Banque mondiale à soumettre le

<sup>38</sup> 1 TR équivaut à 12000 Btu/h ou à 3,5 kilowatts.

rapport final au plus tard à la 82<sup>e</sup> réunion (décision 80/26 (h)). Lors de la 82<sup>e</sup> réunion, le Comité exécutif a exhorté la Banque mondiale à soumettre le rapport final du projet dès que possible afin qu'il puisse être présenté lors de la 83<sup>e</sup> réunion (décision 82/22 (b)(ii)).

222. Conformément à la décision 82/22 (b)(ii), la Banque mondiale, au nom du gouvernement de l'Arabie saoudite, a soumis le rapport final sur le projet de démonstration chez des fabricants de climatiseurs sur la mise au point de climatiseurs de fenêtre et de climatiseurs monoblocs utilisant des frigorigènes à faible PRP (joint à l'annexe V au présent document).

### Rapport périodique

223. Petra a conçu, fabriqué, et testé six prototypes de refroidisseurs commerciaux refroidis à l'air utilisant les frigorigènes HFC-32 et R-290 et offrant des capacités de refroidissement de 40 kW, 70 kW et 100 kW. La conception de l'équipement était conforme aux conditions de sécurité de l'ISO-5149<sup>39</sup> et de l'IEC-60335-2-40<sup>40</sup>. Les essais ont été réalisés à des températures de 35 °C, 46 °C et 52 °C. Les résultats ont été comparés à ceux du R-410A, qui a été testé en tant que produit de substitution du HFC-32. Dans tous les cas, les unités à base de HFC-32 et de R-290 ont montré par rapport au R-410A des performances identiques ou meilleures (efficacité et capacité de refroidissement). Cependant, les changements de conception nécessaires pour atténuer les risques liés à l'utilisation du R-290 ont entraîné une augmentation significative des coûts d'équipement. L'augmentation des coûts était minimale dans le cas du HFC-32.

224. Le projet a démontré que des refroidisseurs commerciaux refroidis à l'air peuvent être conçus pour fonctionner avec des frigorigènes à faible PRP tels que le HFC-32 et le R-290 en vue d'une grande variété de capacités de refroidissement et de conditions de fonctionnement, y compris des températures ambiantes élevées. Les exigences des normes de sécurité internationales courantes n'ont pas limité la quantité de frigorigènes inflammables utilisés pour ce projet du fait de l'application et de l'emplacement des refroidisseurs. Toutefois, l'utilisation de frigorigènes inflammables comme le R-290 sera fortement limitée pour la plupart des applications commerciales par les normes de sécurité en vigueur, ce qui n'est pas le cas pour des frigorigènes modérément inflammables comme le HFC-32.

### **Observations du Secrétariat**

#### Portée et méthodologie

225. Concernant la portée du projet, la Banque mondiale a expliqué que les performances, la quantité de charge, et les prix ont été comparés à ceux des équipements contenant du R-410A plutôt qu'à ceux contenant du HCFC-22 - comme le prévoyait le projet - du fait que le R-410A est le produit standard sur le marché. Étant donné que le projet était achevé, il n'était pas possible de fournir une comparaison s'appuyant sur des équipements à base de HCFC-22. Le Secrétariat rappelle que le projet a été approuvé au titre des projets de démonstration sur des solutions de remplacement à faible PRP des HCFC, mais convient que les équipements à base de R-410A constituent actuellement le choix de technologie prédominant sur le marché. À ce titre, les résultats du projet de démonstration peuvent être utiles pour la réduction progressive des HFC dans les pays visés à l'article 5.

226. La méthodologie utilisée dans le projet n'a pas comparé les performances des équipements à base de R-410A avec celles des prototypes fabriqués pour ce projet. Plus exactement, ce sont les performances des prototypes à base de HFC-32 et de R-290 qui ont été comparées à celles du prototype fonctionnant à

---

<sup>39</sup> Organisation internationale de normalisation (ISO) 5149 - Systèmes frigorifiques et pompes à chaleur - exigences relatives à la sécurité et à l'environnement : <https://www.iso.org/standard/54979.html>.

<sup>40</sup> Commission électrotechnique internationale (IEC) 60335-2-40 - Appareils électrodomestiques et analogues – sécurité : <https://webstore.iec.ch/publication/31169>.

base de HFC-32 mais qui avait été chargé avec du R-410A. Ceci peut introduire potentiellement une fausse interprétation des performances en faveur du HFC-32 du fait que le modèle de référence est optimisé pour cette substance.

227. La Banque mondiale a fourni des informations supplémentaires pour comparer les performances d'une unité standard de climatisation optimisée pour l'utilisation du R-410A et a utilisé deux compresseurs identiques à ceux utilisés pour le prototype à base de HFC-32, avec les performances du prototype à base de HFC-32 chargé avec du R-410A en tant que substitut direct, et avec du HFC-32. Comme l'indique le tableau 11, les performances de l'unité de climatisation standard à base de R-410A et le prototype à base de HCF-32 contenant le produit de substitution direct R-410A étaient inférieures à celles du prototype avec HFC-32 aussi bien dans des conditions de températures de 35°C (T1) et de 46°C (T3). Tandis que la différence pour T1 était relativement petite, à la fois le coefficient d'efficacité énergétique (EER) et la capacité de refroidissement se sont dégradés de manière significative dans les conditions T3 pour le R-410A en comparaison avec le HFC-32. Le prototype à base de HFC-32 contenant du R-410A en tant que produit de substitution avait de meilleures performances que l'unité standard à base de R-410A dans les deux types de conditions.

**Tableau 11. Performances du dispositif standard de climatisation à base de R-410A et du prototype à base de HFC-32**

Équipement	EER (Btu/Wh)		Capacité de refroidissement (Btu/h)	
	T1	T3	T1	T3
Unité standard avec R-410A	9,43	6,46	96,6	75,6
Prototype HFC-32 avec R-410A en tant que produit de substitution direct	9,57	6,55	97,8	79,9
Prototype HFC-32 avec HFC-32	9,96	7,90	105,4	99,7

228. Pour déterminer si les résultats du projet pourraient affecter le choix de la technologie pour le projet d'investissement autonome pour le remplacement des HFC en Jordanie<sup>41</sup> visant la reconversion d'équipements semblables pour passer au R-290, approuvé lors de la 81<sup>e</sup> réunion (décision 81/62), la Banque mondiale a précisé que bien que Petra Jordanie et Petra Arabie saoudite aient le même propriétaire, il s'agissait de deux entreprises indépendantes sous tous les aspects, aussi bien au niveau des finances, de la conception, du personnel, de la production et du champ d'activité ; la dernière couvrait principalement le marché de l'Arabie saoudite, et le choix de la technologie des frigorigènes dépendait des différentes applications faites par les consommateurs, alors que Petra Jordanie exportait vers 52 pays ayant des caractéristiques et des demandes différentes. Petra Jordanie et Petra Arabie saoudite projettent de continuer la recherche et développement dans différents produits à base de R-290 et de les mettre à disposition sur le marché.

229. La principale différence entre des prototypes d'une capacité donnée était le choix du compresseur. Pour le R-410A et le HFC-32, il s'agissait des mêmes compresseurs à spirale à vitesse fixe, tandis que pour l'utilisation du R-290, comme on n'avait pu trouver aucun fournisseur de compresseurs ayant la capacité requise pour le projet (soit 40 kW et plus), on avait eu recours à un compresseur semi-hermétique à vitesse fixe. La Banque mondiale a noté que les différences au niveau des performances du R-290 pouvaient être attribuées en partie au compresseur semi-hermétique qui, en général, est moins efficace que les compresseurs à spirale utilisés avec du HFC-32 et du R-410A.

230. Le projet a constaté que l'utilisation de frigorigènes inflammables tels que le R-290 serait fortement limitée par des normes de sécurité en vigueur s'appliquant à la plupart des applications commerciales. Le projet pour la Jordanie prévoyait que les équipements comporteraient des circuits multiples et indépendants afin de rester dans les limites de charge de 5 kg/circuit tout en continuant à maintenir l'efficacité énergétique ; cette approche n'a pas été considérée dans le cadre du présent projet.

<sup>41</sup> UNEP/OzL.Pro/ExCom/81/40.

L'utilisation de circuits multiples et indépendants est susceptible d'augmenter les coûts de fabrication des équipements utilisant un seul plus grand circuit de frigorigène ; toutefois on ne dispose pas d'estimation de l'importance de cette augmentation. La charge de frigorigène peut être réduite également par l'utilisation d'échangeurs de chaleur à micro-canaux, comme cela a été le cas dans le projet de démonstration chez Industrias Thermotar Ltda<sup>42</sup>. Petra préfère cependant développer en interne ses propres échangeurs de chaleur à tubes et ailettes.

231. Selon la capacité des équipements, la reconversion en vue de passer au HFC-32 et au R-290 a enregistré une réduction de la charge de frigorigène comprise respectivement entre 15 et 25 pour cent et 23 et 33 pour cent, par rapport à l'utilisation du R-410A. Malgré cette réduction au niveau de la charge, le coût du condenseur et de l'évaporateur restait le même pour les trois frigorigènes, contrairement à ce qui avait été constaté dans le cadre d'une étude précédente sur cette question<sup>43</sup>. En particulier, étant donné la réduction de charge, on pouvait escompter qu'il y aurait une réduction des matériaux utilisés pour fabriquer le condenseur et l'évaporateur. En outre, étant donné la pression de fonctionnement plus faible pour le R-290 comparé au R-410A et au HFC-32, des ailettes plus fines pourraient être utilisées dans les échangeurs de chaleur à base de R-290, ce qui pourrait générer des économies supplémentaires au niveau du matériel. La Banque mondiale a expliqué que les coûts dépendaient également du volume des ventes, qui étaient actuellement moins élevées pour les tubes de cuivre à plus large diamètre utilisés par Petra. En outre, un investissement supplémentaire est nécessaire pour le nouvel outillage et les nouvelles machines et, en conséquence, les coûts de fabrication pour des tubes à plus petit diamètre seront également plus élevés. Ainsi, l'ensemble des coûts est comparable pour des condenseurs à tubes de dimension standard ou à plus petit diamètre.

232. Etant donné la réduction de la charge de frigorigène et du prix du frigorigène par rapport au R-410A, les coûts de chargement des unités étaient de 50 à 57 pour cent moins élevés en utilisant du HFC-32, et de 25 à 44 pour cent plus élevés avec le R-290. La raison de ces coûts accrus concernant le R-290 est le prix élevé du frigorigène (12,25 \$US/kg) par rapport à celui du R-410A (6,55 \$US/kg). Une petite augmentation des coûts des principaux composants avaient eu lieu lors du passage du R-410A au HFC-32, ayant pour résultat une augmentation comprise entre 11 et 13 pour cent, selon la taille de l'unité. La différence de coûts entre le HFC-32 et le R-290 était mineure pour la plupart des composants principaux, excepté pour le compresseur, qui coûtait approximativement trois fois plus, entraînant des augmentations substantielles dans le coût d'une unité par rapport au HFC-32. Un détecteur de fuite, exigé pour R-290 mais apparemment non exigé pour HFC-32, a également contribué à cette différence.

233. La Banque mondiale a également fourni les coûts d'une unité à base de R-290 avec les composants ATEX<sup>44</sup>, qui étaient approximativement le double de ceux des unités à base de HFC-32. Cependant, le Secrétariat n'est pas certain que cette différence substantielle de coûts soit pertinente pour la plupart des applications. En particulier, la directive relative aux équipements ATEX s'applique seulement aux équipements destinés à être utilisés potentiellement en atmosphères explosibles. Les systèmes de climatisation et de réfrigération industrielle et commerciale situés dans des zones dangereuses où il existe des atmosphères potentiellement explosibles, doivent se conformer aux exigences d'ATEX, indépendamment du fait que le frigorigène utilisé dans l'équipement soit inflammable ou non. La Banque mondiale a suggéré qu'il pourrait y avoir des circonstances dans lesquelles des systèmes de réfrigération industrielle et commerciale pourront être classés comme étant des zones dangereuses en cas de fuite de frigorigènes et devront en conséquence être en conformité avec les lignes directrices ATEX. Cette situation pourrait également s'appliquer aux systèmes utilisant des frigorigènes A2L ; cependant, en raison de la limite d'inflammabilité inférieure de ces frigorigènes, de tels cas seront moins fréquents.

<sup>42</sup><http://www.multilateralfund.org/Our%20Work/DemonProject/Document%20Library/8110p24Colombia%20RAC%201.pdf>.

<sup>43</sup> UNEP/OzL.Pro/ExCom/77/69.

<sup>44</sup> Appareils destinés à être utilisés en ATmosphères EXplosibles ou ATEX, spécifiant entre autres les équipements qui sont autorisés dans un environnement ayant une atmosphère explosible.

234. Petra a également effectué quelques modifications dans son laboratoire afin de manipuler et tester sans danger les frigorigènes inflammables ; ces changements ont coûté entre 15 000 et 20 000 \$US.

### **Recommandation du Secrétariat**

235. Le Comité exécutif pourrait envisager de :

- (a) Prendre note, avec satisfaction du rapport final soumis par la Banque mondiale sur le projet de démonstration réalisé chez les fabricants de climatiseurs sur la mise au point de climatiseurs de fenêtre et de climatiseurs monoblocs utilisant des frigorigènes à faible potentiel de réchauffement de la planète (PRP) en Arabie saoudite, figurant dans le document UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11 ; et
- (b) Inviter les agences bilatérales et d'exécution à tenir compte du rapport mentionné ci-dessus au paragraphe (a) lorsqu'elles aident les pays visés à l'article 5 dans la préparation de projets concernant la fabrication de climatiseurs monoblocs utilisant des frigorigènes à faible PRP.

Arabie saoudite : Projet de démonstration pour l'élimination des HCFC en utilisant le HFO comme agent de gonflage dans les applications de mousse vaporisée à des températures ambiantes élevées (ONUDI)

### **Contexte**

236. Lors de sa 76<sup>e</sup> réunion, le Comité exécutif a approuvé le projet de démonstration visant l'élimination des HCFC en utilisant le HFO comme agent de gonflage dans les applications de mousse vaporisée à des températures ambiantes élevées, à hauteur de 96 250 \$US, plus coûts d'appui d'agence de 8 663 \$US pour l'ONUDI, et a demandé au gouvernement de l'Arabie saoudite et à l'ONUDI de mener le projet à terme dans un délai de 16 mois suivant son approbation, et de remettre un rapport final complet peu après l'achèvement du projet (décision 76/31).

237. Lors de sa 80<sup>e</sup> réunion, le Comité exécutif a accepté de prolonger la date d'achèvement du projet jusqu'au 31 décembre 2018, étant entendu qu'aucune autre prolongation de mise en œuvre ne sera demandée, et a demandé à l'ONUDI de soumettre le rapport final au plus tard à la 83<sup>e</sup> réunion (décision 80/26 (i)).

238. Le projet a été approuvé pour démontrer les avantages, l'applicabilité et la faisabilité récurrente de l'utilisation du HFO-1233zd(E) et du HFO-1336mzz(Z) comme co-agents de gonflage avec l'eau dans des applications de mousses à vaporiser dans des températures ambiantes élevées (secteur des mousses de polyuréthane), et d'évaluer les réductions des coûts d'investissement et des coûts d'exploitation résultant de l'utilisation d'un mélange optimal d'eau et d'agent de gonflage, d'une mousse à faible densité et d'une conductivité thermique réduite, comparé à d'autres solutions de remplacement.

### **Rapport périodique**

239. Au nom du gouvernement de l'Arabie saoudite, l'ONUDI a soumis un rapport périodique détaillé sur le projet de démonstration. Bien que la plupart des activités du projet aient été achevées, le rapport final sera soumis à la 84<sup>e</sup> réunion, une fois les essais sur le terrain et l'atelier de diffusion des informations menés à bien.

240. Le projet a été mis en œuvre chez Sham Najd International, producteur local de mousse polyuréthane rigide (PUR) à vaporiser et de mousse de polyisocyanurate (PIR) servant à l'isolation et

l'étanchéisation des murs, des plafonds, des toits, des plafonds et des planchers suspendus sur les chantiers de construction et les sites industriels. Le HFO-1233zd(E) a été le seul agent de gonflage testé du fait de l'impossibilité de se procurer du HFO-1336mzz (Z) dans les quantités exigées pour l'intégralité du projet de démonstration, du fait de sa non disponibilité sur le marché.

241. Sur la base des résultats des tests, la formulation de mousse à vaporiser à base de HFO-1233zd(E) semble avoir un potentiel considérable pour remplacer les formules à base de HCFC et de HFC, car elle présente des caractéristiques techniques et physiques semblables, combinées à un faible PRP et un PAO nul. Les conclusions du projet de démonstration sont jusqu'à présent les suivantes :

- (a) Les performances de la mousse à vaporiser à base de HFO-1233zd(E) équivalaient à celles de la mousse à vaporiser avec gonflage au HCFC-141b au niveau de l'adhérence, la conductivité thermique, la stabilité dimensionnelle, la recouvrabilité, la densité globale de la mousse et la force de compression ;
- (b) Comparée à la formulation de mousse de référence, la surface vaporisée de polyuréthane en tant que produit présentait davantage de trous d'épingle. Le produit répondait néanmoins toujours aux attentes du client ;
- (c) L'agent de gonflage de remplacement n'exigeait pas de nouveaux équipements de moussage. Tous les essais ont été réalisés avec le matériel existant de Sham Najd (applicateur Graco E-XP1) ;
- (d) En raison de son faible point d'ébullition (19,5 °C), le HFO-1233zd (E) doit être mélangé dans le réacteur à une température inférieure à 18°C, de préférence à 15°C, afin d'éviter la perte de l'agent de gonflage pendant le processus le mélange ;
- (e) Une plus faible quantité de HFO-1233zd (E) peut être mélangée dans le polyol, étant donné que le point d'ébullition du mélange de polyol sera également inférieur au point d'ébullition de la mousse gonflée à l'aide de HCFC-141b ;
- (f) Le polyol prémélangé a été entreposé en tout pendant cinq mois par l'entreprise de formulation et l'utilisateur final sans qu'on puisse observer de changements de réactivité. Le mélange doit être entreposé à une température de 28°C au maximum du fait du bas point d'ébullition du HFO-1233zd(E), qui provoquerait l'évaporation/l'ébullition du produit chimique à des températures élevées. Le système de mousse à base de HFO-1233zd(E) nécessite un mélange spécial d'additifs (agents tensio-actifs et catalyseurs) afin d'éviter la détérioration du mélange de polyol. Le mélange catalyseur fournit une durée de conservation allant au-delà de huit mois ;
- (g) Le coût du système à base de HFO-1233zd(E) est plus élevé que celui à base de HCFC-141b : sur la base des prix communiqués, le surcoût d'exploitation était de 4,30 \$US/kg. Cependant, y compris la conductivité thermique plus basse (meilleure isolation) et une plus faible densité de mousse produite avec le HFO-1233zd(E), les surcoûts d'exploitation obtenus étaient de 0,52\$US/kg. On prévoit que ces coûts seront réduits dans quelques années, à mesure que le prix du HFO-1233zd(E) diminuera et que celui du HCFC-141b augmentera du fait de sa disponibilité réduite.

## Observations du Secrétariat

### *Essais supplémentaires*

242. Étant donné que le rapport est appelé à être utilisé par d'autres pays visés à l'article 5 en tant que référence au moment de la formulation et de la mise en œuvre des projets, le Secrétariat a examiné avec l'ONUDI les détails supplémentaires à inclure. L'ONUDI a accepté d'inclure dans les essais pratiques, plusieurs essais qui n'avaient pas pu être réalisés dans la première partie du projet, comme ceux, entre d'autres, portant sur la force d'adhérence, l'absorption de l'eau, la teneur en alvéoles fermées, la longévité de la résistance thermique et la force de compression par rapport au vieillissement/dégradation. Tous les essais ci-dessus seront effectués conformément à la norme EN- 14315 (produits isolants thermiques destinés aux bâtiments - produits en mousse rigide de polyuréthane (PUR) ou de polyisocyanurate (PIR) pulvérisée formés sur place). Le rapport final inclura également un examen technique indépendant, conformément aux politiques existantes.

### *Disponibilité des formulations utilisées dans le cadre de la démonstration*

243. En précisant l'origine des formulations des systèmes de mousse utilisées pour les essais concernant le HFO-1233zd(E) et la question de savoir si ces formulations étaient disponibles pour n'importe quelle entreprise de formulation, l'ONUDI a indiqué que la formule utilisée pour les premiers essais était entièrement développée par Covestro, et n'était pas à la disposition des autres entreprises de formulation. Tous les détails des formules de mousse sont développés en propre par les entreprises de formulation et sont généralement secrets. Toutefois les fournisseurs d'additifs (c.-à-d., Evonik et Momentive) et les fournisseurs d'agent de gonflage (c.-à-d., Honeywell et Chemours) apportent un soutien actif aux formulateurs des entreprises de formulation. Ceci permettra aux entreprises locales de formulation de développer leurs propres formules.

### *Prolongation de la durée de projet et rapport final*

244. Le Secrétariat a noté que le projet n'a pas été achevé en décembre 2018 conformément à la date reportée de l'achèvement convenue par le Comité exécutif (décision 80/26(i)). Cependant, des progrès importants ont été réalisés et tous les tests en laboratoire achevés, et un ensemble complet de résultats avait été communiqué. Sur les deux activités restantes (les essais sur le terrain et l'atelier de diffusion des informations), l'ONUDI a précisé que l'atelier aurait lieu en mai 2019 et les essais sur le terrain auraient lieu après la livraison en mai des matériaux supplémentaires acquis. Les essais seront réalisés chez Sham Najd avec trois formulations de système de mousse. Le rapport final comprenant les résultats de ces essais sera disponible d'ici octobre 2019.

245. Prenant note des progrès considérables réalisés, des résultats déjà obtenus à partir des essais de la technologie, et les informations supplémentaires très utiles qui peuvent être obtenues à partir des essais sur le terrain dans des conditions de températures ambiantes élevées, le Secrétariat est en faveur d'une prolongation de ce projet en vue de recevoir le rapport final détaillé lors de la 84<sup>e</sup> réunion. Sur la base du temps estimé pour la réalisation du rapport, le Secrétariat recommande la prolongation du projet jusqu'au 31 octobre 2019.

## Recommandation du Secrétariat

246. Le Comité exécutif pourrait envisager de :

- (a) Prendre note du rapport périodique sur la mise en œuvre du projet de démonstration pour l'élimination des HCFC en utilisant le HFO comme agent de gonflage dans les applications de mousse vaporisée à des températures ambiantes élevées en Arabie saoudite soumis par l'ONUDI, figurant dans le document UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11 ;

et

- (b) À titre exceptionnel, notant les progrès importants réalisés jusqu'à présent, prolonger à nouveau la date d'achèvement du projet mentionné ci-dessus au paragraphe (a) jusqu'au 31 octobre 2019, étant entendu qu'aucune autre prolongation de mise en œuvre ne sera demandée, et demander à l'ONUDI de remettre le rapport final au plus tard à la 84<sup>e</sup> réunion.

Thaïlande : Projet de démonstration mené dans des entreprises de formulation de mousse en Thaïlande visant à formuler des polyols prémélangés destinés aux applications de mousse pulvérisée faisant appel à un agent de gonflage à faible PRP (Banque mondiale)

### Contexte

247. Lors de sa 76<sup>e</sup> réunion, le Comité exécutif a approuvé un projet de démonstration mené dans deux entreprises de formulation de mousse en Thaïlande visant à formuler des polyols prémélangés destinés aux applications de mousse pulvérisée faisant appel à un agent de gonflage à faible PRP, pour un montant total de 352 550 \$US, plus coûts d'appui d'agence de 24 679 \$US pour la Banque mondiale (décision 76/33).

248. Le projet avait pour objectif de :

- (a) Renforcer les capacités de deux sociétés de formulation locales afin de formuler, mettre à l'essai et produire des polyols prémélangés à base de HFO (le HFO-1233zd(E) et le HFO-1336mzz(Z)) pour les petites et moyennes entreprises (PME) du secteur de la mousse de polyuréthane à vaporiser ;
- (b) Valider et optimiser l'utilisation du HFO gonflé à l'aide de CO<sub>2</sub> pour les applications de mousse à vaporiser afin d'obtenir un rendement thermique analogue à celui offert par le HCFC-141b, pour des surcoûts d'exploitation minimum (optimiser la proportion de HFO à 10 pour cent) ;
- (c) Préparer une analyse des coûts des différentes formules à base de HFO à teneur réduite comparativement aux formules à base de HCFC-141b ; et
- (d) Diffuser les résultats de l'évaluation aux entreprises de formulation de la Thaïlande et d'autres pays.

249. Le projet a été mis en œuvre dans deux entreprises de formulation, à savoir Bangkok Integrated Trading Co., Ltd (BIT) et South City Polychem Co., Ltd. (SCP) qui fournissent à leurs clients des polyols (principalement à base de HCFC-141b) dans une vaste gamme d'applications de mousse de polyuréthane, notamment la mousse à vaporiser.

250. Au nom du gouvernement de la Thaïlande, la Banque mondiale a soumis le rapport final du projet de démonstration (joint à l'annexe V au présent document). Les conclusions du projet de démonstration sont les suivantes :

- (a) BIT et SPC ont effectué l'évaluation de respectivement cinq et deux différentes formulations pour chaque HFO (c'est-à-dire le HFO-1233zd(E) et le HFO-1336mzz(Z) respectivement) et ont identifié la formulation finale pour l'évaluation détaillée sur la base du temps de réactivité, de l'adhérence et du rétrécissement. Les détails des formulations utilisées pour l'essai chez BIT et chez SCP comprenant des additifs et

d'autres composants sont indiqués au tableau 12<sup>45</sup> :

**Tableau 12. Formulations utilisées pour l'évaluation en tant que pourcentage du système total (%)**

Éléments	BIT			SCP		
	HCFC-141b	HFO-1233zd(E)	HFO-1336mzz(Z)	HCFC-141b	HFO-1233zd(E)	HFO-1336mzz(Z)
Mélange de polyol	24,9	35,7	35,4	24,9	35,7	35,4
Additifs et catalyseurs	1,3	4,6	5,7	1,3	4,6	5,7
Autres additifs	6,0	6,7	5,4	6,0	6,7	5,4
Agent de gonflage	10,0	4,7	4,7	10,0	4,7	4,7
Isocyanate	57,8	48,3	48,8	57,8	48,3	48,8
Total	100	100	100	100	100	100

- (b) Les formulations de mousse à vaporiser avec le HFO comme agent de gonflage représentant 10 pour cent du polyol, assorties d'adaptations concernant le choix du polyol et l'ensemble de catalyseurs pourraient produire des mousses aux propriétés acceptables pour le marché thaïlandais de mousses à vaporiser. Tandis que la formulation de HFO-1233zd(E) démontrait une certaine instabilité dans la formule, le rapport indique que la question de stabilité pourrait être résolue en présentant un nouvel ensemble de catalyseurs ;
- (c) En termes d'adhérence et de délai de réactivité, les mousses à vaporiser gonflées à l'aide de HFO révèlent des performances d'adhérence et des délais de réactivité acceptables pour le marché. La densité de la mousse à vaporiser produite à partir des formules en teneur réduite de HFO était légèrement plus élevée que la formule de référence à base de HCFC-141b. On a également observé une légère augmentation dans la force de compression ;
- (d) Les facteurs K initiaux des formules en teneur réduite en HFO étaient plus élevés que ceux de la formule à base de HCFC-141b. Toutes les propriétés des mousses gonflées au HFO étaient tout à fait stables dans le temps. Le rapport indique également que l'augmentation du facteur K se situait dans les limites acceptables pour le marché thaïlandais ;
- (e) Les deux formules à base de HFO ont passé les essais de comportement au feu sur la base des normes ASTM<sup>46</sup> - 568 et 635 ;
- (f) Dans des conditions climatiques d'été caniculaires dépassant les 35°C, les systèmes à base de HFO-1233zd(E) pourraient nécessiter un entreposage climatisé pour garder au frais les polyols formulés ;
- (g) Sur la base des formulations, le prix des formules à teneur réduite en HFO (c.-à-d., HFO-1233zd(E) et HFO-1336mzz Z)) est environ supérieur de respectivement 22 à 38 pour cent par rapport aux formules à base de HCFC-141b dans le cas de BIT, et respectivement de 42 à 46 pour cent par rapport aux formules à base de HCFC-141b dans

<sup>45</sup> Les paramètres principaux examinés pour le choix des formulations sont les propriétés de réactivité, de rétrécissement et d'adhérence.

<sup>46</sup> American Society for Testing and Materials (Société américaine pour les essais et les matériaux).

le cas de SCP. Les systèmes à base de HCFC-141b dans le cas de BIT sont de 1,93 US\$/kg et dans le cas de SCP de 2,15 \$US/kg et le pourcentage d'augmentation du prix des formules à base de HFO était plus élevé pour SCP que pour BIT, mais seulement d'environ cinq pour cent ; et

- (h) Les utilisateurs en aval de mousses à vaporiser qui ont participé à la démonstration ont été satisfaits des performances globales des formulations en termes de temps de traitement, de propriétés d'adhérence et d'autres propriétés physiques liées à la mousse.

251. Le tableau 13 ci-dessous présente les coûts réels du testeur de conductivité thermique et des équipements de mousse à vaporiser acquis pour les entreprises de formulation par rapport aux budgets. Le prix de la machine de moussage et du testeur de conductivité ayant été négociés par chacune des entreprises, il en découlait une différence dans les équipements fournis aux entreprises. Le rapport financier pour le projet comprenant tous les éléments sera disponible avec le rapport d'achèvement de projet.

**Tableau 13. Coûts des équipements pour les mousses à vaporiser et du testeur de conductivité thermique**

Équipements	BIT		SCP	
	Approuvés (\$US)	Réels (\$US)	Approuvés (\$US)	Réels (\$US)
Machine de mousse à vaporiser	40 000	43 675	40 000	41 692
Testeur de conductivité thermique	5 000	29 821	5 000	22 253

252. Les résultats préliminaires des deux projets de démonstration ont été présentés lors du 12<sup>e</sup> atelier régional sur les SAO organisé à Bangkok par la Banque mondiale en février 2018, et les résultats finals ont été présentés lors du 13<sup>e</sup> atelier régional en février 2019, également organisé à Bangkok. Chacun de ces ateliers a rassemblé plus de 80 participants issus des bureaux nationaux de l'ozone et des industries des mousses de Chine, d'Indonésie, de Jordanie, de Malaisie, des Philippines, de Thaïlande et du Vietnam. En outre, trois ateliers supplémentaires ont été organisés en Thaïlande pour diffuser les résultats auprès des fonctionnaires gouvernementaux, des entreprises de mousses à vaporiser, des fournisseurs de substances chimiques, et des fournisseurs d'équipements. Certains des pays ayant participé aux ateliers ont manifesté leur intérêt pour l'utilisation de ces résultats et le développement de formulations à base de HFO sur leurs marchés.

### Observations du Secrétariat

253. Le Secrétariat a noté que le plan initial de projet était de soumettre les résultats du projet de démonstration lors de la 79<sup>e</sup> réunion afin que ceux-ci puissent également être utilisés lors de l'évaluation de la phase II du plan de gestion de l'élimination des HCFC pour la Thaïlande ; mais ces résultats n'ont pas été disponibles à temps. La Banque mondiale a fait savoir que les raisons principales du retard initial étaient l'approvisionnement en HFO et les modalités administratives concernant le processus d'accord de projet avec les entreprises bénéficiaires.

254. Le Secrétariat a demandé des informations supplémentaires sur la capacité technique des entreprises de formulation pour développer des formules à teneur réduite en HFO à bas prix. La Banque mondiale a informé que du fait des capacités techniques limitées du BIT, le procédé de développement de formules à base de HFO a pris plus de temps que prévu ; les deux entreprises de formulation étaient satisfaites des performances globales des formulations à base de HFO pour les applications de mousse à vaporiser. Par le biais de ce projet, ils ont acquis davantage de confiance dans l'utilisation de formulations à base de HFO pour les mousses à vaporiser, notant que le développement des formules et leurs ajustements constituaient un processus continu. La Banque mondiale a également indiqué que les

entreprises n'ont pas rencontré de grandes difficultés pour se procurer des HFO pour le projet et ne prévoyaient pas des contraintes pesant sur la disponibilité commerciale des HFO.

255. Le Secrétariat a demandé des informations supplémentaires sur le fait de savoir pourquoi le taux d'isocyanate par rapport au polyol chez SCP est différent comparé à BIT pour les formulations à base HCFC et à base de HFO. La Banque mondiale a précisé que BIT et SCP emploient différents additifs dans leurs formules, faisant que les rapports entre le polyol et l'isocyanate sont différents ; les deux entreprises étaient en mesure de vendre ces formules à leurs clients et celles-ci étaient disponibles sur les marchés. Le Secrétariat note également que SCP dispose de meilleures capacités techniques pour produire des formulations à prix plus réduits pour le marché ; aussi, dans le cadre de ce projet, un soutien technique a été fourni par un expert international qui a formé le personnel dans les entreprises sur la théorie de la technologie des mousses de polyuréthane, et les procédures relatives aux processus d'essai. À propos de la conductivité thermique plus élevée des formulations à teneur réduite en HFO, la Banque mondiale a indiqué que celle-ci est due à un pourcentage plus élevé du CO<sub>2</sub> dans les alvéoles ; de plus, l'augmentation des niveaux de conductivité thermique semblaient acceptable aux consommateurs sur le marché des mousses à vaporiser en Thaïlande.

256. Sur la différence des prix entre agent de gonflage, le polyol, d'autres additifs et l'isocyanate dans chaque entreprise, la Banque mondiale a indiqué que ceci était dû aux négociations séparées entre les entreprises de formulation et les fournisseurs, et le type d'additifs procurés par les fournisseurs ; il a également été précisé que du fait qu'il s'agit de petites entreprises de formulation, les prix préférentiels des différentes substances chimiques ne sont pas disponibles à ce jour.

257. Concernant la grande différence entre les coûts proposés et les coûts réels pour le testeur de conductivité thermique, la Banque mondiale a expliqué que le coût du testeur pour la détermination de la valeur K avait été sous-évalué, et en conséquence, le prix réel était beaucoup plus élevé que le niveau budgétisé. Aucun changement n'est intervenu dans les caractéristiques de l'équipement nécessaire pour tester la mousse.

258. Le Secrétariat note que les tendances récentes suggèrent que le prix du HCFC-141b augmente et que du fait des facteurs réglementaires la disponibilité de cette substance diminue, et qu'on s'attend à ce que le prix du HCFC-141b continue à augmenter ; on observe déjà cette tendance dans quelques pays. De plus, le prix des HFO communiqué pourrait changer et l'augmentation de la production de HFO pourrait entraîner une réduction de leur prix, bien qu'on ne sache pas trop à quel moment. De plus, la chute importante des prix de HFO associée à l'augmentation des prix de HCFC-141b pourrait rendre les coûts des formules à base de HFO comparables à celles à base de HCFC-141b.

### **Recommandation du Secrétariat**

259. Le Comité exécutif pourrait envisager de :

- (a) Prendre note, avec satisfaction du rapport final soumis par la Banque mondiale sur le projet de démonstration mené dans deux entreprises de formulation de mousse en Thaïlande, visant à formuler des polyols prémélangés destinés aux applications de mousses polyuréthanes à pulvériser utilisant un agent de gonflage à faible PRP, figurant dans le document UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11 ; et
- (b) Inviter les agences bilatérales et d'exécution à tenir compte du rapport final mentionné ci-dessus au paragraphe (a) lorsqu'elles aident les pays visés à l'article 5 à préparer les projets concernant les mousses à vaporiser avec le HFO comme agent de gonflage.

Région d'Asie de l'Ouest : Projet de démonstration sur la promotion de frigorigènes de remplacement pour la climatisation dans les pays à température ambiante élevée en Asie de l'Ouest - rapport périodique (PNUE et ONUDI)

260. Au nom des pays de l'Asie de l'Ouest<sup>47</sup> ayant participé au projet, le PNUE et l'ONUDI ont soumis un rapport périodique sur le projet de démonstration sur la promotion de frigorigènes de remplacement pour les secteurs de la climatisation dans les pays à température ambiante élevée en Asie de l'Ouest, projet mieux connu sous le nom de PRAHA-II.

261. Le projet, qui a été approuvé lors de la 76<sup>e</sup> réunion, visait à prendre appui sur les progrès des projets de démonstration faisant la promotion des frigorigènes de remplacement à faible PRP dans l'industrie de la climatisation dans les pays à température ambiante élevée en Asie de l'Ouest (PRAHA-I)<sup>48</sup> en développant les capacités des parties prenantes à utiliser les frigorigènes à faible PRP dans le secteur de la climatisation dans les pays à température ambiante élevée.

262. Lors de sa 80<sup>e</sup> réunion, le Comité exécutif a accepté de prolonger jusqu'au 31 décembre 2018 la durée du projet, qui était prévu initialement pour s'achever en novembre 2017, étant entendu qu'aucune autre prolongation de la mise en œuvre du projet ne sera demandée, et a chargé les agences d'exécution de soumettre le rapport final au plus tard à la 83<sup>e</sup> réunion (décision 80/26 (I)). Un rapport périodique succinct a été soumis à la 82<sup>e</sup> réunion documentant les progrès importants réalisés dans le cadre de nombreuses d'activités ; les activités en suspens comprenaient le développement d'un modèle d'évaluation des risques convenant aux schémas d'utilisation et aux conditions de températures ambiantes élevées, qui aurait dû être achevé en octobre 2018, et les essais et l'optimisation en utilisant les prototypes développés dans le cadre du projet PRAHA-I, dont l'achèvement était prévu en novembre 2018.

263. Les pays participants de l'Asie de l'Ouest, le PNUE et l'ONUDI avaient réalisé des progrès substantiels et achevé une grande partie des activités prévues par les projets, mais pas toutes. En particulier, le premier volet du projet, le renforcement des capacités de l'industrie locale afin de concevoir et tester des produits utilisant des frigorigènes inflammables performants à faible PRP, a été mené à terme. Il y a eu également d'importants progrès réalisés dans le cadre du deuxième et du troisième volet, afin d'évaluer et d'optimiser les prototypes développés pour PRAHA-I, et d'établir un modèle d'évaluation des risques pour les pays à température ambiante élevée. S'agissant du deuxième volet, une première optimisation des prototypes de PRAHA-I a été achevée et leurs performances évaluées. Sur la base des résultats, trois prototypes ont été choisis pour des essais et évaluations supplémentaires ; l'un a été développé et les autres seront achevés respectivement en avril et en mai 2019. Les tests portant sur ces unités seront terminés d'ici juin 2019, y compris l'analyse en termes de performances de l'effet fuite-recharge sur les substances de remplacement à glissement élevé. Pour ce dernier aspect, les données nécessaires pour le modèle ont été rassemblées ; les essais et la validation sont en cours et seront achevés d'ici septembre 2019.

264. En raison des difficultés à finaliser le contrat avec une installation d'essais, les activités en souffrance n'ont pas pu être terminées dans les délais prévus et c'est pourquoi seul un rapport périodique préliminaire a pu être soumis à la 83<sup>e</sup> réunion. Par conséquent, le PNUE et l'ONUDI demandent une nouvelle prolongation du projet jusqu'au 15 novembre 2019.

---

<sup>47</sup> Bahreïn, Égypte, Koweït, Qatar, Oman, Arabie Saoudite, et Émirats arabes unis. Aucun financement n'a été alloué aux Émirats arabes unis, et l'industrie locale a construit les prototypes et a assisté aux sessions du PRAHA à ses propres frais.

<sup>48</sup> Approuvé lors de la 69<sup>e</sup> réunion pour être mis en œuvre par le PNUE et l'ONUDI (UNEP/OzL.Pro/ExCom/69/19). Le rapport final de ce projet se trouve dans le document UNEP/OzL.Pro/ExCom/76/10.

## Observations du Secrétariat

265. En dépit des progrès réalisés, le projet n'a pas pu être achevé conformément aux décisions 80/26 (l) et 82/22 (g). En particulier, les activités restantes incluent de mener à bien les essais des prototypes, d'examiner et de valider les résultats de l'optimisation des essais et les données rassemblés pour le modèle d'évaluation des risques, et un colloque destiné à la diffusion des résultats de projet. Ces premiers éléments devraient être achevés d'ici juin 2019 et le colloque est prévu pour septembre ou octobre 2019.

266. Sur la base des progrès réalisés jusqu'à présent, et des avantages probables offerts par ce projet mené à bien pour les pays à température ambiante élevée, le Secrétariat recommande de prolonger le projet jusqu'au 15 novembre 2019, demandant que le rapport final soit soumis à la 84<sup>e</sup> réunion, et que tous les soldes restants soient restitués d'ici la 85<sup>e</sup> réunion.

## Recommandation du Secrétariat

267. Le Comité exécutif pourrait envisager de :

- (a) Prendre note du rapport périodique sur le projet de démonstration sur la promotion de frigorigènes de remplacement pour le secteur de la climatisation dans les pays à température ambiante élevée en Asie de l'Ouest (PRAHA-II) a soumis par le PNUE et l'ONUDI, figurant dans le document UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11 ; et
- (b) Prolonger la date d'achèvement du projet mentionné ci-dessus au paragraphe (a) jusqu'au 15 novembre 2019 afin de mener à bien les essais des prototypes, valider les résultats de l'optimisation et du modèle d'évaluation des risques, et diffuser les résultats du projet, et demander au PNUE et à l'ONUDI de soumettre le rapport final au plus tard à la 84<sup>e</sup> réunion et de restituer tous les soldes restants d'ici la 85<sup>e</sup> réunion.

### *Étude de faisabilité sur le refroidissement urbain*

#### Étude de faisabilité comparant trois technologies de conception nouvelle en vue de leur utilisation dans la climatisation centrale - rapport final (PNUE et ONUDI)

268. Au nom du gouvernement du Koweït, le PNUE et l'ONUDI ont soumis le rapport final sur l'étude de faisabilité, conformément à la décision 82/24 (b). Le rapport complet est joint en annexe VI au présent document.

269. L'étude a démontré la faisabilité technique des systèmes à eau refroidie combinés à un refroidisseur par évaporation pour des systèmes centraux de climatisation à deux endroits, une école et une mosquée, en utilisant le refroidissement par évaporation « directe/indirecte » à deux phases<sup>49</sup> (TSDI). Cette technologie était la meilleure option convenant aux conditions climatiques du Koweït. Les études techniques et financières étaient basées sur la capacité installée requise de 800 TR pour l'école et 81 TR pour la mosquée.

---

<sup>49</sup>Au cours de la première phase, l'air chaud extérieur traverse un échangeur de chaleur qui est refroidi par évaporation à l'extérieur. Au cours de cette phase initiale de refroidissement, l'air entrant est refroidi sans accroissement de l'humidité. Au cours de la deuxième phase, le même flux d'air traverse un coussinet imbibé d'eau, qui accentue le refroidissement avec un apport d'humidité.

270. Les résultats suivants ont été récapitulés dans le rapport final :

- (a) Les coûts d'investissement nécessaires pour l'installation d'une technologie hybride de conception nouvelle (technologie NIK) dans deux endroits étaient approximativement 50 pour cent plus élevés que la technologie actuelle (soit 1 600\$US/TR pour la technologie NIK comparés à 750 \$US/TR pour la technologie actuelle) ;
- (b) L'utilisation des technologies NIK présentait des économies de consommation d'énergie d'environ 46 pour cent pour les deux endroits par comparaison à la technologie actuelle basée sur l'énergie électrique ;
- (c) Sur la base d'une analyse comparative des coûts d'investissement et d'exploitation pour les deux technologies, l'étude a montré qu'un taux de rendement interne (IRR) de 31 pour cent avec une période de récupération de quatre ans pour récupérer les coûts d'investissement supplémentaires (soit 680 000 \$US) pour l'installation du système NIK pour l'école ; et un taux de rendement interne de 35 pour cent avec une période de récupération de deux ans pour récupérer les coûts d'investissement supplémentaires (68 850 \$US) pour la mosquée ;
- (d) L'étude a conclu que l'on arrivait au total à 52 pour cent d'économie dans le cas de la technologie NIK soutenu par le système utilisant l'énergie électrique par comparaison avec le système traditionnel n'utilisant que l'énergie électrique, et que ceci pourrait probablement être adopté dans d'autres applications utilisant des systèmes centraux dans le pays.

#### **Observations du Secrétariat**

271. Lorsqu'il a examiné le rapport final, le Secrétariat l'a comparé au rapport préliminaire soumis à la 82<sup>e</sup> réunion et a observé qu'il contenait des informations plus détaillées sur les activités à achever, en particulier sur l'avancement de la phase pilote du projet. Le rapport présentait les données recueillies à partir des deux endroits pilotes, qui avaient montré des résultats prometteurs. Le rapport a également fourni les résultats de l'évaluation de la viabilité technique et financière de l'approche, résultats non communiqués lors de la 82<sup>e</sup> réunion, la phase pilote n'étant alors pas encore achevée, et a conclu qu'il s'agissait d'une solution de remplacement prometteuse pour le pays.

272. S'appuyant sur les résultats des deux emplacements pilotes, l'Office public koweïtien du logement (KPAHW) envisageait d'adapter ses processus d'appel d'offres pour les futurs bâtiments publics afin d'évoluer vers des systèmes TSDI de refroidissement par évaporation. Les futurs programmes de développement incluraient d'investir dans cette technologie NIK et de la mettre en œuvre dans d'autres sites choisis, au plus tôt d'ici 2020.

273. L'ONUDI et le PNUE ont également rappelé que le gouvernement du Koweït fournira une mise à jour, même après l'achèvement du projet, sur la façon dont s'est faite la mise en œuvre sur d'autres sites au Koweït.

#### **Recommandation du Secrétariat**

274. Le Comité exécutif pourrait envisager de :

- (a) Prendre note, avec satisfaction, du rapport final sur l'étude de faisabilité comparant trois technologies de conception nouvelle en vue de leur utilisation dans la climatisation centrale au Koweït, soumise par le PNUE et l'ONUDI et figurant dans le document UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11 ;

- (b) Rappeler que le PNUE et l'ONUDI soumettront le rapport d'achèvement de projet sur l'étude de faisabilité mentionnée ci-dessus au paragraphe (a) et resitueront tous les soldes restants à la 84<sup>e</sup> réunion ; et
- (c) Encourager le gouvernement du Koweït, par l'intermédiaire du PNUE et de l'ONUDI, à fournir des informations actualisées sur les mesures prises du fait des études de faisabilité lors d'une future réunion du Comité exécutif.

## **PARTIE VI : CHANGEMENT D'AGENCE D'EXÉCUTION POUR LA PHASE II DU PLAN DE GESTION DE L'ÉLIMINATION DES HCFC (PGEH) ET LES ACTIVITÉS DE FACILITATION RELATIVES À LA RÉDUCTION PROGRESSIVE DES HFC AUX PHILIPPINES**

Philippines : Phase ii du Plan de gestion de l'élimination des HCFC (PGEH) et activités de facilitation relatives à la réduction progressive des HFC – demande de changement d'agence d'exécution (Banque mondiale)

### **Contexte**

275. À sa 80<sup>e</sup> réunion, le Comité exécutif a approuvé, en principe, la phase II du PGEH des Philippines, d'un montant de 2 750 057 \$US, plus 192 504 \$US de coûts d'appui d'agence<sup>50, 51</sup>, et les activités de facilitation relatives à la réduction progressive des HFC, d'un montant de 250 000 \$US, plus 17 500 \$US de coûts d'appui d'agence<sup>52</sup>, devant être mises en œuvre avec l'assistance de la Banque mondiale.

276. Le Secrétariat a reçu une demande du gouvernement philippin<sup>53</sup> de transférer, de la Banque mondiale à l'ONUDI, la phase II de son PGEH et les activités de facilitation relatives à la réduction progressive des HFC.

### **Observations du Secrétariat**

277. En réponse à la lettre du gouvernement philippin, le Secrétariat a consulté la Banque mondiale et a demandé que les fonds inutilisés des projets soient restitués au Fonds multilatéral en vue de leur transfert à l'ONUDI à la 83<sup>e</sup> réunion. La Banque mondiale a informé le Secrétariat que l'accord la liant au gouvernement philippin au sujet de la phase II du PGEH n'avait pas été signé et que le montant total approuvé serait donc restitué. En ce qui concerne les activités de facilitation approuvées au titre des contributions additionnelles au Fonds multilatéral, la Banque mondiale a déclaré des décaissements de 24 008 \$US, plus coûts d'appui d'agence.

278. Les fonds devant être restitués au Fonds multilatéral en vue de leur transfert à l'ONUDI sont indiqués dans le tableau 14.

<sup>50</sup> Décision 80/60.

<sup>51</sup> La première tranche de la phase II du PGEH a été approuvée à hauteur de 1 010 023 \$US, plus 70 701 \$US de coûts d'appui d'agence pour la Banque mondiale (décision 80/60 f)).

<sup>52</sup> Décision 80/52.

<sup>53</sup> Lettre du 3 avril 2019 du Bureau de gestion environnementale des Philippines au Secrétariat.

**Tableau 14. Fonds approuvés et fonds approuvés en principe devant être transférés de la Banque mondiale à l'ONUDI**

Projet	Code	Approuvé à la 80 <sup>e</sup> réunion (\$US)	Solde en avril 2019 (\$US)		
			Coût du projet	Coûts d'appui	Total
Plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase II, première tranche)	PHI/PHA/80/INV/103	736 129	736 129	51 528	787 657
	PHI/PHA/80/TAS/102	273 894	273 894	19 173	293 067
Activités de facilitation relatives à la réduction progressive des HFC	PHI/SEV/80/TAS/01+	250 000	225 992	15 819	241 811
<b>Solde</b>			<b>1 236 015</b>	<b>86 520</b>	<b>1 322 535</b>
<b>Tranches de financement de la phase II approuvées en principe</b>			<b>1 740 034</b>	<b>121 802</b>	<b>1 861 836</b>
<b>Total général</b>			<b>2 976 049</b>	<b>208 322</b>	<b>3 184 371</b>

279. Le Secrétariat a noté que le changement d'agence d'exécution pour la phase II du PGEH nécessiterait une mise à jour de l'accord entre le gouvernement et le Comité exécutif, reproduit à l'annexe VII du présent document. Le texte intégral de l'accord sera annexé au rapport final de la 83<sup>e</sup> réunion.

### Recommandation du Secrétariat

280. Le Comité exécutif est invité à :

- (a) Prendre note de la demande du gouvernement philippin de transférer à l'ONUDI toutes les activités d'élimination incluses dans la phase II du Plan de gestion de l'élimination des HCFC (PGEH) ainsi que les activités de facilitation relatives à la réduction progressive des HFC, devant à l'origine être mises en œuvre par la Banque mondiale ;
- (b) Concernant la phase II du PGEH des Philippines :
  - (i) Prendre note que la Banque mondiale avait déjà restitué au Fonds multilatéral à la 83<sup>e</sup> réunion les montants de 1 010 023 \$US, plus 70 701 \$US de coûts d'appui d'agence, associés à la première tranche (PHI/PHA/80/INV/103 et PHI/PHA/80/TAS/102) ;

- (ii) Approuver :
- a. Le transfert à l'ONUDI des montants de 1 010 023 \$US, plus 70 701 \$US de coûts d'appui d'agence, approuvés pour la Banque mondiale et associés à la première tranche (PHI/PHA/80/INV/103 et PHI/PHA/80/TAS/102) ;
  - b. Le transfert de la Banque mondiale à l'ONUDI des montants de 1 740 034 \$US, plus 121 802 \$US de coûts d'appui d'agence, approuvés en principe et associés aux deuxième et troisième tranches de financement ;
- (iii) Noter que le Secrétariat du Fonds a mis à jour l'accord conclu entre le gouvernement philippin et le Comité exécutif pour la phase II du PGEH, tel qu'il figure à l'annexe VII du présent document, en particulier le paragraphe 9 et l'appendice 2-A, sur la base du transfert des composantes de la Banque mondiale à l'ONUDI, et le paragraphe 17, qui avait été ajouté pour indiquer que la Banque mondiale ne serait plus l'agence d'exécution principale à compter de la 83<sup>e</sup> session et que l'accord mis à jour remplaçait l'accord conclu à la 80<sup>e</sup> session ;
- (c) Concernant les activités de facilitation relatives à la réduction progressive des HFC approuvées au titre des contributions additionnelles au Fonds multilatéral (PHI/SEV/80/TAS/01+) :
- (i) Noter que la Banque mondiale avait déjà restitué à la 83<sup>e</sup> session le reliquat de 225 992 \$US, plus 15 819 \$US de coûts d'appui d'agence ; et
  - (ii) Approuver le transfert à l'ONUDI du reliquat de 225 992 \$US, plus 15 819 \$US de coûts d'appui d'agence, initialement approuvés pour la Banque mondiale.

## PARTIE VII : DEMANDES DE PROLONGATION D'ACTIVITÉS DE FACILITATION

### Demandes de prolongation d'activités de facilitation (PNUD, PNUE, ONUDI et Banque mondiale)

281. À sa 80<sup>e</sup> réunion, le Comité exécutif a approuvé les activités de facilitation relatives à la réduction progressive des HFC pour 59 pays visés à l'article 5<sup>54</sup>, pour une durée de 18 mois à compter de la date d'approbation des projets. À sa 81<sup>e</sup> réunion, le Comité exécutif a décidé de maintenir, pour l'approbation des activités de facilitation, la période de mise en œuvre de 18 mois, conformément à la décision 79/46 d) (iii), et de la prolonger au besoin de 12 mois maximum (soit 30 mois suivant l'approbation du projet), à condition que le Secrétariat reçoive une demande officielle à cet effet<sup>55</sup>.

282. Conformément à la décision 81/32 a), les quatre agences d'exécution ont présenté, pour le compte de 51 pays visés à l'article 5, des demandes officielles de prolongation d'activités de facilitation devant s'achever en juin 2019, comme indiqué au tableau 15.

**Tableau 15. Demandes de prolongation d'activités de facilitation relatives à la réduction progressive des HFC présentées à la 83<sup>e</sup> réunion**

Pays	Agence d'exécution principale	Prolongation demandée
Angola	PNUE	12 mois
Arménie	ONUDI	12 mois
Bhoutan	PNUE	12 mois

<sup>54</sup> Décision 80/41.

<sup>55</sup> Décision 81/32 a).

Pays	Agence d'exécution principale	Prolongation demandée
Bosnie-Herzégovine	ONUDI	12 mois
Burkina Faso	ONUDI	12 mois
Cameroun	ONUDI	12 mois
Chili*	PNUD	12 mois
Chine**	PNUD	12 mois
Colombie	PNUD	12 mois
Congo	ONUDI	12 mois
Costa Rica	PNUD	12 mois
Dominique	PNUE	12 mois
République dominicaine	PNUE	12 mois
Équateur	PNUE	12 mois
Érythrée	PNUE	12 mois
Fidji	PNUD	12 mois
Gabon	PNUE	12 mois
Gambie	ONUDI	12 mois
Ghana	PNUE	6 mois
Guatemala	PNUE	12 mois
Jamaïque	PNUD	12 mois
Kirghizistan	PNUE	12 mois
Liban	PNUD	12 mois
Lesotho****	PNUE	6 mois
Malaisie	Banque mondiale	12 mois
Maldives****	PNUE	12 mois
Mexique**	ONUDI	12 mois
Mongolie	PNUE	12 mois
Namibie	PNUE	12 mois
Nigéria	PNUE	12 mois
Macédoine du Nord	ONUDI	12 mois
Palaos	PNUE	12 mois
Pérou	PNUD	12 mois
Philippines	ONUDI	12 mois
Rwanda****	PNUE	12 mois
Sainte-Lucie	PNUE	12 mois
Saint-Vincent-et-les Grenadines	PNUE	12 mois
Sénégal	PNUE	12 mois
Serbie	ONUDI	12 mois
Somalie	ONUDI	12 mois
Soudan***	PNUE	12 mois
Suriname	PNUE	12 mois
Thaïlande	Banque mondiale	12 mois
Togo	PNUE	12 mois
Trinité-et-Tobago	PNUD	12 mois
Tunisie****	ONUDI	12 mois
Turquie	ONUDI	12 mois
Turkménistan	PNUE	12 mois
Uruguay***	PNUD	12 mois
Zambie	PNUE	12 mois
Zimbabwe	PNUE	6 mois

\* Agences d'exécution coopérantes : PNUE et ONUDI

\*\* Agence d'exécution coopérante : PNUE

\*\*\* Agence d'exécution coopérante : ONUDI

\*\*\*\* Agence d'exécution coopérante : gouvernement italien

## Observations du Secrétariat

283. Le Secrétariat a noté que toutes les demandes de prolongation d'activités de facilitation ont été approuvées à la 80<sup>e</sup> réunion et qu'elles devraient être achevées d'ici à juin 2019. Les principales raisons invoquées pour cette prolongation étaient, entre autres, la nécessité d'achever les activités prévues, le retard dans le démarrage de la mise en œuvre et les difficultés de coordination entre les UNO et les agences d'exécution. La majorité des pays ont demandé une prolongation de 12 mois, tandis que le Ghana, le Lesotho et le Zimbabwe ont indiqué qu'il leur faudrait six mois pour mener à bien toutes les activités prévues.

### **Recommandation du Secrétariat**

284. Le Comité exécutif est invité à :

- (a) Noter et examiner les demandes de prolongation d'activités de facilitation relatives à la réduction progressive des HFC, présentées par les agences d'exécution concernées pour les 51 pays visés à l'article 5 dont la liste figure dans le tableau 15 du document UNEP/OzL.Pro/ExCom/83/11 ; et
- (b) Reporter la date d'achèvement des activités de facilitation relatives à la réduction progressive des HFC jusqu'en décembre 2019 pour le Ghana, le Lesotho et le Zimbabwe, et jusqu'en juin 2020 pour l'Angola, l'Arménie, le Bhoutan, la Bosnie-Herzégovine, le Burkina Faso, le Cameroun, le Chili, la Chine, la Colombie, le Congo, le Costa Rica, la Dominique, l'Équateur, l'Érythrée, les Fidji, le Gabon, la Gambie, le Guatemala, la Jamaïque, le Kirghizistan, la Malaisie, les Maldives, le Liban, la Macédoine du Nord, le Mexique, la Mongolie, le Nigéria, la Namibie, les Palaos, les Philippines, le Pérou, la République dominicaine, le Rwanda, Sainte-Lucie, Saint-Vincent-et-les Grenadines, le Sénégal, la Serbie, la Somalie, le Soudan, le Suriname, la Thaïlande, le Togo, la Trinité-et-Tobago, la Tunisie, la Turquie, le Turkménistan, l'Uruguay et la Zambie, étant entendu qu'aucune nouvelle prolongation ne serait demandée et que les agences bilatérales et d'exécution présenteraient, dans les six mois suivant la date d'achèvement des projets, un rapport final sur les activités de facilitation menées à bien, conformément à la décision 81/32(b)



Annexe I

**PROJETS POUR LESQUELS DES RAPPORTS PÉRIODIQUES SUPPLÉMENTAIRES  
ONT ÉTÉ DEMANDÉS POUR LA 84<sup>e</sup> RÉUNION**

<b>Pays</b>	<b>Code</b>	<b>Agence</b>	<b>Titre du projet</b>	<b>Recommandations</b>
Antigua-et-Barbuda	ANT/PHA/73/PRP/17	PNUE	Préparation d'un plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase II)	Demander un rapport périodique sur la mise en œuvre à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion
Antigua-et-Barbuda	ANT/SEV/73/INS/16	PNUE	Prolongement du projet de renforcement des institutions (phase V: 1/2015-12/2016)	Demander un rapport périodique sur la mise en œuvre à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion
Bahreïn	BAH/PHA/68/INV/27	ONUDI	Plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase I, première tranche) (élimination du HCFC-22 dans la fabrication de climatiseurs centraux et de fenêtre à l'entreprise de fabrication Awal Gulf)	Demander un rapport périodique sur la mise en œuvre à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion
République centrafricaine	CAF/SEV/68/INS/23	PNUE	Prolongement du projet de renforcement des institutions (phase VI : 1/2013-12/2014)	Demander un rapport périodique sur la mise en œuvre et le niveau de décaissement des fonds à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion
Chili	CHI/PHA/76/TAS/191	PNUE	Plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase II, première tranche) (secteur de l'entretien de l'équipement de réfrigération)	Demander un rapport périodique sur la mise en œuvre et le niveau de décaissement des fonds à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion
République populaire démocratique de Corée	DRK/PHA/73/INV/59	ONUDI	Plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase I, deuxième tranche) (élimination du HCFC-141b dans la mousse de polyuréthane chez Matériaux de construction Pyongyang Sonbong et Puhung)	Demander un rapport périodique sur la mise en œuvre, comprenant des mises à jour sur la date de reprise des activités, à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion
République populaire démocratique de Corée	DRK/PHA/73/TAS/60	ONUDI	Plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase I, première tranche) (entretien de l'équipement de réfrigération et suivi)	Demander un rapport périodique sur la mise en œuvre, comprenant des mises à jour sur la date de reprise des activités, à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion
République populaire démocratique de Corée	DRK/PHA/75/INV/62	ONUDI	Plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase I, deuxième tranche) (élimination du HCFC-141b dans la mousse de polyuréthane chez Matériaux de construction Pyongyang Sonbong et Puhung)	Demander un rapport périodique sur la mise en œuvre, comprenant des mises à jour sur la date de reprise des activités, à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion
République populaire démocratique de Corée	DRK/PHA/75/TAS/63	ONUDI	Plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase I, deuxième tranche) (politiques, entretien de l'équipement de réfrigération et suivi)	Demander un rapport périodique sur la mise en œuvre, comprenant des mises à jour sur la date de reprise des activités, à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion
République populaire démocratique de Corée	DRK/PHA/77/INV/64	ONUDI	Plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase I, troisième tranche) (politiques, entretien de l'équipement de réfrigération et suivi)	Demander un rapport périodique sur la mise en œuvre, comprenant des mises à jour sur la date de reprise des activités, à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion
République populaire démocratique de Corée	DRK/SEV/68/INS/57	PNUE	Prolongement du projet de renforcement des institutions (phases VI and VII : 1/2010-12/2013)	Demander un rapport périodique sur la mise en œuvre, comprenant des mises à jour sur la date de

Pays	Code	Agence	Titre du projet	Recommandations
				reprise des activités, à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion
République populaire démocratique de Corée	DRC/PHA/79/PRP/42	PNUD	Préparation d'un plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase II)	Demander un rapport périodique sur le niveau des sommes décaissées, comprenant une mise à jour sur la proposition de la phase II, à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion
République populaire démocratique de Corée	DRC/PHA/79/PRP/43	PNUE	Préparation d'un plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase II)	Demander un rapport périodique sur le niveau des sommes décaissées, comprenant une mise à jour sur la proposition de la phase II, à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion
Dominique	DMI/SEV/80/INS/23	PNUE	Assistance d'urgence supplémentaire pour le renforcement des institutions	Demander un rapport périodique sur la mise en œuvre de la stratégie et du plan d'action, conformément à la décision 81/36, à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion
Éthiopie	ETH/PHA/77/INV/28	ONUDI	Plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase I, deuxième tranche)	Demander un rapport périodique sur la mise en œuvre et le niveau de décaissement des fonds à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion
Éthiopie	ETH/PHA/77/TAS/27	PNUE	Plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase I, deuxième tranche)	Demander un rapport périodique sur la mise en œuvre et le niveau de décaissement des fonds à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion
Éthiopie	ETH/SEV/77/INS/26	PNUE	Prolongement du projet de renforcement des institutions (phase VII : 1/2017-12/2018)	Demander un rapport périodique sur la mise en œuvre et le niveau de décaissement des fonds à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion
Guatemala	GUA/PHA/75/TAS/50	PNUE	Plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase I, troisième tranche)	Demander un rapport périodique sur la mise en œuvre et le niveau de décaissement des fonds à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion
Haïti	HAI/PHA/76/INV/22	PNUD	Plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase I, deuxième tranche)	Demander un rapport périodique à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion sur le niveau des sommes décaissées et la finalisation de l'accord avec le PNUE; et le Programme d'aide à la conformité du PNUE pour fournir de l'assistance pour l'accélération de la mise en œuvre des activités du projet
Haïti	HAI/SEV/75/INS/20	PNUE	Prolongement du projet de renforcement des institutions (phase IV : 11/2015-10/2017)	Demander un rapport périodique sur la mise en œuvre et le niveau de décaissement des fonds à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion
Inde	IND/SEV/76/INS/467	PNUD	Prolongement du projet de renforcement des institutions (phase X : 4/2016-3/2018)	Demander un rapport périodique sur le niveau de décaissement des fonds à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion

Pays	Code	Agence	Titre du projet	Recommandations
République islamique d'Iran	IRA/PHA/77/INV/226	PNUD	Plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase II, première tranche) (secteur des mousses)	Demander un rapport périodique sur le niveau de décaissement des fonds à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion
Iraq	IRQ/PHA/74/INV/23	ONUDI	Plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase I, deuxième tranche) (secteur de l'entretien de l'équipement de réfrigération)	Demander un rapport périodique sur le niveau de décaissement des fonds à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion
Qatar	QAT/PHA/65/INV/18	ONUDI	Plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase I, première tranche) (secteur de l'entretien de l'équipement de réfrigération)	Demander un rapport périodique sur la mise en œuvre à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion, en prenant note que la date d'achèvement est fixée au 1 <sup>er</sup> juillet 2019 et que les soldes doivent être retournés au 31 décembre 2019
Qatar	QAT/PHA/65/TAS/17	PNUE	Plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase I, première tranche) (secteur de l'entretien de l'équipement de réfrigération)	Demander un rapport périodique sur la mise en œuvre à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion, en prenant note que la date d'achèvement est fixée au 1 <sup>er</sup> juillet 2019 et que les soldes doivent être retournés au 31 décembre 2019
Qatar	QAT/PHA/73/PRP/20	PNUE	Préparation d'un plan de gestion de l'élimination des HCFC (stage II)	Demander un rapport périodique sur la proposition de la phase II à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion, en prenant note que la proposition est retardée
Qatar	QAT/PHA/73/PRP/21	ONUDI	Préparation d'un plan de gestion de l'élimination des HCFC (stage II)	Demander un rapport périodique sur la proposition de la phase II à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion, en prenant note que la proposition est retardée
Qatar	QAT/SEV/79/INS/22	ONUDI	Prolongement du projet de renforcement des institutions (phase IV: 8/2017-7/2019)	Demander un rapport périodique sur la mise en œuvre et le niveau de décaissement des fonds à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion
Arabie saoudite	SAU/FOA/62/INV/13	ONUDI	Élimination du HCFC-22 et du HCFC-1412b dans la fabrication de panneaux de polystyrène extrudé chez Al-Watania Plastics	Demander un rapport périodique sur la mise en œuvre à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion, comprenant une mise à jour sur la vente à l'encan de l'équipement acheté devant être vendu
Arabie saoudite	SAU/PHA/68/INV/17	ONUDI	Plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase I, première tranche) (entretien de l'équipement de réfrigération et suivi)	Demander un rapport périodique sur la mise en œuvre à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion
Arabie saoudite	SAU/PHA/72/INV/20	ONUDI	Plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase I, deuxième tranche) (entretien de l'équipement de réfrigération et suivi)	Demander un rapport périodique sur la mise en œuvre à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion
Arabie saoudite	SAU/PHA/75/INV/24	ONUDI	Plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase I, troisième tranche) (plan du secteur de la mousse de polyuréthane)	Demander un rapport périodique sur la mise en œuvre à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion
Arabie saoudite	SAU/PHA/75/INV/25	ONUDI	Plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase I, troisième tranche)	Demander un rapport périodique sur la mise en œuvre à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion

Pays	Code	Agence	Titre du projet	Recommandations
			(entretien de l'équipement de réfrigération et suivi)	
Arabie saoudite	SAU/PHA/77/INV/31	ONUDI	Plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase I, quatrième tranche) (plan du secteur de la mousse de polyuréthane)	Demander un rapport périodique sur la mise en œuvre et le niveau de décaissement des fonds à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion
Arabie saoudite	SAU/PHA/77/TAS/32	PNUE	Plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase I, quatrième tranche) (entretien de l'équipement de réfrigération, formation des douaniers et suivi)	Demander un rapport périodique sur la mise en œuvre et le niveau de décaissement des fonds à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion
Arabie saoudite	SAU/SEV/67/INS/15	PNUE	Prolongement du projet de renforcement des institutions (phase II : 7/2012-6/2014)	Demander un rapport périodique sur la mise en œuvre à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion
Somalie	SOM/PHA/77/INV/12	ONUDI	Plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase I, deuxième tranche) (secteur de l'entretien de l'équipement de réfrigération)	Demander un rapport périodique sur la mise en œuvre à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion
Somalie	SOM/PHA/77/TAS/13	ONUDI	Plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase I, deuxième tranche) (sécurité supplémentaire)	Demander un rapport périodique sur la mise en œuvre à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion
Soudan du Sud	SSD/PHA/77/TAS/04	PNUE	Plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase I, première tranche)	Demander un rapport périodique sur la mise en œuvre et le niveau de décaissement des fonds à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion
Soudan du Sud	SSD/SEV/76/INS/03	PNUE	Projet de renforcement des institutions (phase I : 5/2016-4/2018)	Demander un rapport périodique sur la mise en œuvre et le niveau de décaissement des fonds à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion
Suriname	SUR/PHA/74/TAS/22	PNUE	HCFC phase-out management plan (stage I, second tranche)	Demander un rapport périodique sur le niveau de décaissement des fonds à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion
Suriname	SUR/SEV/77/INS/25	PNUE	Prolongement du projet de renforcement des institutions (phase VI : 12/2016-11/2018)	Demander un rapport périodique sur la mise en œuvre et le niveau de décaissement des fonds à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion
République arabe syrienne	SYR/FOA/61/PRP/102	ONUDI	Préparation des activités d'investissement pour l'élimination des HCFC (secteur des mousses)	Demander un rapport périodique sur la mise en œuvre à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion et effectuer le suivi de la proposition de la phase I
République arabe syrienne	SYR/PHA/55/PRP/97	ONUDI	Préparation d'un plan de gestion de l'élimination des HCFC	Demander un rapport périodique sur la mise en œuvre à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion et effectuer le suivi de la proposition de la phase I
République arabe syrienne)	SYR/REF/62/INV/103	ONUDI	Élimination du HCFC-22 et du HCFC-141b dans la fabrication d'équipement de climatisation individuel et de mousse de polyuréthane rigide chez Al Hafez Group	Demander un rapport périodique sur la mise en œuvre à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion
République arabe syrienne	SYR/SEV/73/INS/104	ONUDI	Prolongement du projet de renforcement des institutions (phase V : 1/2015-12/2016)	Demander un rapport périodique sur la mise en œuvre à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion

<b>Pays</b>	<b>Code</b>	<b>Agence</b>	<b>Titre du projet</b>	<b>Recommandations</b>
Tunisie	TUN/FOA/77/PRP/72	ONUDI	Préparation des activités d'investissement pour l'élimination des HCFC (phase II) (secteur de la mousse de polyuréthane)	Demander un rapport périodique à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion sur le niveau de décaissement des fonds, comprenant une mise à jour de la proposition de la phase II
Tunisie	TUN/PHA/77/PRP/71	ONUDI	Préparation d'un plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase II)	Demander un rapport périodique à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion sur le niveau de décaissement des fonds, comprenant une mise à jour de la proposition de la phase II
Turquie	TUR/PHA/74/PRP/105	ONUDI	Préparation d'un plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase II)	Demander un rapport périodique à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion sur le niveau de décaissement des fonds, comprenant une mise à jour de la proposition de la phase II
Yémen	YEM/SEV/73/INS/43	PNUE	Prolongement du projet de renforcement des institutions (phase VIII : 1/2015-12/2016)	Demander un rapport périodique sur la mise en œuvre et le niveau de décaissement des fonds à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion
Zambie	ZAM/PHA/77/INV/33	ONUDI	Plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase I, troisième tranche)	Demander un rapport périodique sur la mise en œuvre et le niveau de décaissement des fonds à remettre à la 84 <sup>e</sup> réunion



**Annex II**

**Government of Cuba**

**Pilot Demonstration Project on ODS-Waste  
Management and Disposal**

**Final report**

Prepared by  
Ozone Technical Office (OTOZ)

Implemented with assistance of the United Nations Development Programme - UNDP

Funded by the Multilateral Fund (MLF) for the Implementation of the Montreal Protocol

December 2<sup>nd</sup>, 2018

## Contents

<b>1. Summary of the project details as per the approval.....</b>	<b>3</b>
<b>2. Background .....</b>	<b>3</b>
<b>3. Implementation of the project .....</b>	<b>4</b>
<b>4. Description of the collection, storage and destruction .....</b>	<b>4</b>
4.1 Recovery and collection of ODS .....	4
4.2 Transport of the recovered refrigerant .....	6
<b>5. Description of the destruction process .....</b>	<b>8</b>
5.1 Selection of the destruction technology .....	8
5.2 Designated local facility .....	9
<b>6. Construction of the destruction facility.....</b>	<b>9</b>
6.1 Selection process of technology supplier .....	9
6.2 Civil work at the cement plant. ....	10
<b>7. Description of the destruction process .....</b>	<b>12</b>
7.1 Reception, storage and handling of ODS cylinders. ....	12
7.2 Station for preparing and injecting the ODS from the cylinders to the cement kilns. ....	12
<b>8. Start-up and operation of the destruction plant.....</b>	<b>13</b>
<b>9. Amount of ODS destroyed .....</b>	<b>13</b>
<b>10. Operation of the collection system.....</b>	<b>14</b>
<b>11. Challenges and lesson learnt during project implementation.....</b>	<b>14</b>
11.1 Challenges.....	14
11.2 Lesson learnt.....	15

## 1. Summary of the project details as per the approval.

<b>COUNTRY:</b>	Cuba
<b>IMPLEMENTING AGENCY:</b>	UNDP
<b>PROJECT TITLE:</b>	Pilot Demonstration Project on ODS-Waste Management and Disposal
<b>SECTOR:</b>	ODS-Waste
<b>Sub-Sector:</b>	Refrigeration Servicing Sector
<b>Date of Approval:</b>	April 2011
<b>PROJECT IMPACT:</b>	8.8 Metric Tons of CFC-12
<b>PROJECT DURATION:</b>	36 months
<b>LOCAL OWNERSHIP:</b>	100 %
<b>EXPORT COMPONENT:</b>	0 %
<b>REQUESTED MLF GRANT:</b>	US\$ 525,200
<b>IMPLEMENTING AGENCY SUPPORT COST:</b>	US\$ 39,390 (7.5 %)
<b>TOTAL COST OF PROJECT TO MLF:</b>	US\$ 564,590
<b>COST-EFFECTIVENESS:</b>	US\$ 3.95/kg ODS (metric) based on complete destruction of recovered ODS Waste in Cuba. Not all will be destroyed during the 3-year demonstration project.
<b>NATIONAL COORDINATING AGENCY:</b>	Technical Ozone Office: Ministry of Science, Technology and the Environment.

## 2. Background

In 2006, Cuba introduced the *Energy Revolution Year* where one important component was to promote the complete substitution of old energy inefficient domestic refrigerators and air-conditioning units. The programme was actively supported by the National Ozone Unit (NOU) to ensure that the Ozone depleting substances (ODS) contained in those refrigerators were properly recovered, following best refrigeration practices. With this Energy Programme, between 2005 and 2010 over 2.757 million refrigerators and 276,000 air-conditioning units, on average 20 to 60 years

old, were de-manufactured and replaced with energy efficient units at a cost of over 700 million US dollars to the government of Cuba which funded the complete recollection, substitution and de-manufacturing programme.

At the 62<sup>nd</sup> meeting of the Executive Committee of the Multilateral fund, a Pilot demonstration project on ODS waste management and disposal, with UNDP as implementing agency; The funds provided by the Multilateral Fund were US\$ 525,200. The project sought to demonstrate a cost-effective way for the collection, storage and disposal unwanted ODS using a cement kiln.

### **3. Implementation of the project**

The project worked in two aspects, 1) Strengthening the national system for refrigerant collection, and 2) Design and construction of a refrigerant disposal facility.

The project started in March 2011 with participation of the Ministry of Science, Technology and Environment (CITMA), Ministry of Construction (MINCON), Ministry of Internal Commerce (MINCIN), led by the Ozone Technical Office (OTOZ). Each of the involved entities designate a participant that supported the implementation of the project.

### **4. Description of the collection, storage and destruction**

#### *4.1 Recovery and collection of ODS*

All refrigeration servicing workshops and maintenance brigades in the country, belonging to any of the organisms (OACE – Organismo de Administracion Central del Estado) are required to avoid the release to the atmosphere of refrigerant from equipment being serviced, repaired, substituted or dismantled and must recover this, store it in equipment loaned to them, and hand it over to the municipal workshops of the Ministry of Interior Commerce (MINCIN), Industrial Equipment and Services Enterprise (Empresa Industrial de Equipos y Servicios - EIESA) or others as previously agreed with the MINCIN. EIASA's workshops as well as the municipal MINCIN approved workshops are responsible for adequate handling and storage of ODS received.

The system is structured around 1,000 local level workshops. As there are 169 municipalities, one of the above mentioned 1,000 workshops acts as a municipal level center. The ODS recovered by the 1,000 workshops thus feeds into 169 municipal level workshops. There are 6 territorial workshops that serve as collection centers which cover the entire country, located in the main cities and provinces: Havana, Villa Clara, Santi Espiritu, Camagüey, Holguín and Santiago de Cuba.

The ODS refrigerants comes from all the service workshops regardless of the governmental sector where it comes from. The service workshops are responsible for taking and delivering the gas to the municipal collection centers, which inform the collection centers when they have significant quantities.

In the territorial workshops (collection centers), the cylinders brought by the service workshops are weighed, the gas they contain is then identified, and transferred to cylinders of greater capacity that exists in every collection center.

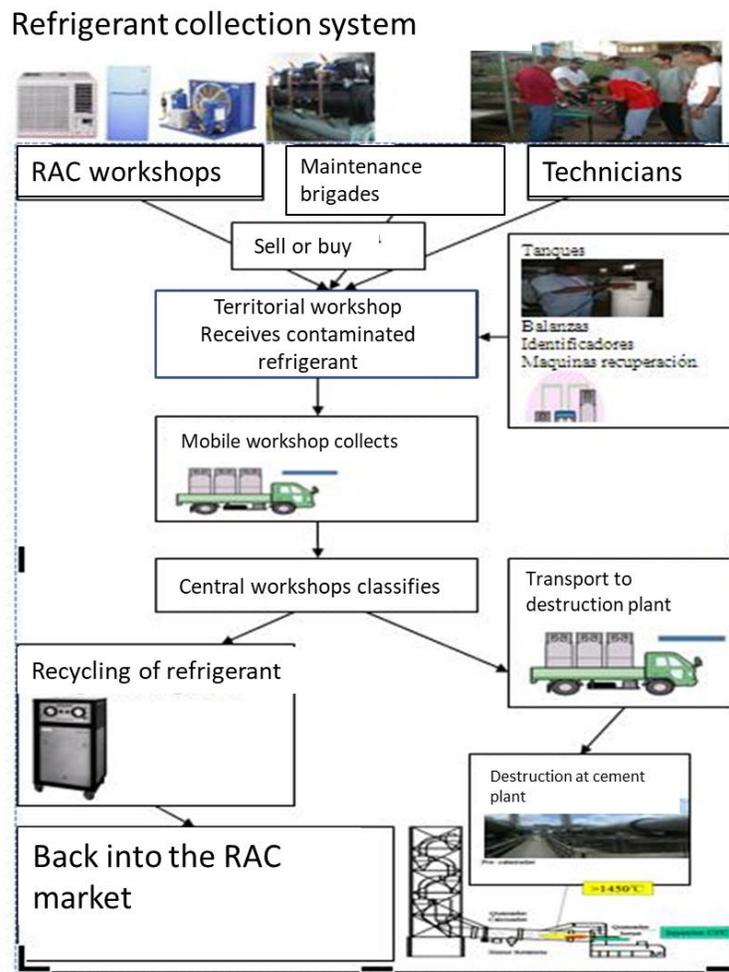
Once the recovered refrigerant is in the collection center, it is identified and its concentration measured, if its reading yields more than 98%, it is further recycled and cleaned in a refrigerant recycling machine, otherwise it will be destroyed in the cement plant.

All this process is registered in authorization books kept for this purpose where type of gas, quantity, origin and destination are registered.

All gases are transported independently of the origin and destination in a specialized vehicle designed for this purpose. The workshops inform the central warehouse when they have significant quantities for the change to collect the stored material.

A scheme of the refrigerant collection system is show below in figure 1.

Figure 1. Scheme of the refrigerant collection system.



#### *4.2 Transport of the recovered refrigerant*

One of the main challenges identified during the design of the project was the transport of the recovered refrigerant to the collection centers and to the destruction facility. To overcome this challenge the project team, led by OTOZ, and with support of the Spanish firm in charge of the design and installation of the destruction facility, MIESA EXPORTACIÓN SL, designed and acquire a specialized vehicle (mobile workshop).

The description and main characteristics of the vehicle for transfer of refrigerants are:

- Type of truck: Single cabin and short bed, closed, adjusted to the size of the equipment that is mounted, without free spaces or storage area.
- There has a rigid structure where the machines for transferring and recovering refrigerants, hose adapters and all electrical connections are mounted.
- Three (3) tanks: a) One (1) of 1-tonne for contaminated refrigerant, b) One (1) of 500 kg and c) One of 200 kg for recovered refrigerants are incorporated into the truck, with safety valve, pressure gauges, manhole for cleaning, oil drain valve, level of volumetric liquid and two (2) half-inch valves of liquid and steam with a maximum working pressure 30 Bar.
- Digital Balance 115v. Heavy, robust, anti-vibration work incorporated into the truck for weighing tanks and cylinders in transport equipment with capacity. 0-150 Kg Precision 0.1 kg.
- High capacity refrigerant transfer machine; Liquid 300 l/min, 110-volt, 3/8-inch sockets. Electric connection.
- High capacity Recovery Machine: Vapor 300 g/min. Liquid 7,500 g/min. 110-volt, 3/8-inch intakes. Electric connection.
- 8 flexible 3m hoses for extra strong high-pressure coolant and 3/8-inch ball valves on one end, SAE 1/2.
- 8 flexible hoses of 3/8 inch alternating red and blue specialized for refrigerants. Maximum operating pressure 600 PSIG.
- 3 flexible hoses of 15 cm. for extra strong high-pressure refrigerant and 1/2-inch ball valves on one male end and female connection, SAE 3/8.
- 3 flexible hoses of 15 cm. for extra strong high-pressure refrigerant and 3/8-inch ball valves on one end, and both female connections, SAE 1/2.
- With ample space to handle tanks from which the refrigerant is extracted or filled: 30 lb (13.6 Kg); 50 lb (22.5 Kg) and 60 Kg.
- Specifications standards: European standard for the transport and storage of refrigerants.

In the pictures below, an interior view of the mobile workshop can be seen.

Picture 1. Interior of the mobile workshop.



Picture 2. General view of the mobile workshop (Source: OTOZ).



Picture 3. Instruments inside the mobile workshop. (Source: OTOZ).



## 5. Description of the destruction process

### 5.1 Selection of the destruction technology

The technology chosen for the destruction of ODS in the demonstration project in Cuba was rotary cement kilns, this is one of the destruction and disposal technologies approved by the parties of the Montreal Protocol (Decision XIV/6, Annex VI: Approved destruction processes)<sup>1</sup>.

During the initial phase of the project, a technical team of Cuba visited the Akoh cement plant, part of the group Sumitomo Osaka Cement Co. Ltd. in Japan to analyze the technology. This plant uses as feedstock waste and fuel alternative such as waste plastics, wood, sludge waste treatment plants, urban waste, waste oil, coal ash, used tires and CFCs.

After the visit, the technical team found that it was suitable for the country to adopt this approach for the disposal of ODS, as there were several cement kilns with dry and humid process, and that other technologies were not present in the country requiring high capital costs to set them up.

Rotary cement kilns provide an excellent technical option for the destruction of ODS given specific characteristics such as:

- High flame temperatures which can reach 1800-2000 C°;
- Long residence times, as a consequence of large kiln size and volumes, which can reach 6 seconds in the kiln per-se;
- No residues are generated in the form of either ashes or scoria.

Given the high temperatures and long residence times, these kilns are ideal media to destroy organic compounds of a high chemical stability such as CFCs and HCFCs. One of the main problems with their destruction is the emissions of acid gases, such as HCl and HF, but they can react with the calcium salts present in the feedstock, coming to form CaCl<sub>2</sub> and CaF<sub>2</sub> which become part of the clinker.

On the other hand, chlorine contained in these gases constitutes the main problem given that it can, not only affect the quality of the cement, but also the kiln itself. It is important to have a control ratio to avoid excesses of this gas in the hot gas flux of the kiln, as it could contribute to the unlimited thickening of the crust that adheres to the refractory coating, affecting the interior of the kiln, which can lead to reduced productivity. This effect is significantly more marked in dry process kilns, as they require installations for the development of the calcination stages and synthesis, which contribute to the gases recirculation inside the kiln and therefore they spend more time in direct contact with the solid and cause the volatile elements to increase their concentration as time passes; therefore, the negative effect created by the presence of Cl<sup>-</sup> and F<sup>-</sup> becomes increasingly marked.

So, to minimize this effect a cement kiln with a humid process was chosen for the demonstration project.

---

<sup>1</sup> <https://ozone.unep.org/en/handbook-montreal-protocol-substances-deplete-ozone-layer/976>

## *5.2 Designated local facility*

In Cuba there is just one (1) cement plant that uses humid process in its manufacture. This facility, known as the Siguaney Cement Plant of the Grupo Empresarial del Cemento (Cement Business Group) under the Ministry of Construction, is located in the town of Siguaney located in the province of Sancti Spiritus, approximately 300 km to the South-East of Havana.

The cement kiln is 126 m long by 4 m diameter. With a production capacity of 500 ton of Clinker/day, using oil as fuel. The temperatures of operation are 1800-2000 °C in the freeboard and 6 seconds of gasses residence time, under alkaline atmosphere. Chlorine contents are present in the fuel and raw materials. Kiln has not an emission control. Other wastes processed at the kiln are used oils, sludge and obsolete medicines.

## **6. Construction of the destruction facility**

### *6.1 Selection process of technology supplier*

The acquisition of the equipment was contracted to a Spanish company and the assembly was executed by the Cuban part; the start-up was conducted by the Cuban part with support of the Spanish company.

The Company MIESA EXPORTACIÓN SL with address C / San Vicente, 8-48001 Bilbao (BIZKAIA), Spain, was hire as supplier of the project, with the objective of providing engineering, assembly and maintenance services of the equipment and automatic systems needed for the ODS destruction in the cement kiln.

The selection process was conducted by the Cuban Importing Company (EMED) according to the local regulations and processes. During the bidding process, EMED selected the Spanish company as it was the only one that comply with the technical requirements, offered the automatic system requested and agreed to adjust the automation of the gas burning line with the existing kiln in a joint work with designers from the Cuban counterparts as this one was a requirement made by the authorities.

The supplier provided the control panel (automatic cabinets, brand Siemens) and the PLC for the kiln with the whole installation and its accessories, automation of the gas burning line, supply lines (water, energy, air) and sanitary material for the swimming pool area.

In addition, all the necessary equipment for the transfer of stored gas, recovery machines, refrigerant gas identifiers, gas cylinder to recover, scales for weighing the gas and other supplies and accessories, were provided by the supplier.

## 6.2 Civil work at the cement plant.

It was necessary a building annexed to the area of the kiln automatic controls to locate the acquired equipment, the pool area of the cylinders, and a reception and storage area for the full and empty refrigerant cylinders.

It is also necessary to point out that in Cuba, the Environmental Law 81 of the Ministry of Science, Technology and Environment (CITMA) requires for this type of project the request for an environmental license during its execution, start-up and operation. This license mentions actions and activities of mandatory compliance.

It was also necessary to install a fire prevention system and certify it according to the Cuban norms for this type of installation; it is also part of the aforementioned conditions of the environmental license granted.

The construction process of the civil work is show in the pictures below.

*Picture 4. Project team during the construction of the ODS disposal plant. (Source: OTOZ)*



*Picture 5. Construction of the ODS disposal plant (Source: OTOZ).*



Picture 6. Installation of the control panels. (Source: OTOZ)



Picture 7. Assembly of supply lines (Source: OTOZ)



Picture 8. Storage area for cylinders (Source: OTOZ).



Picture 9. General view of the civil works of the disposal plant. (Source: OTOZ).



## **7. Description of the destruction process**

### *7.1 Reception, storage and handling of ODS cylinders.*

The cylinders with unwanted ODS arrive at the plant from two points:

- The stored ones of the Energy Program in Havana City.
- From the collection centers of the different part of the country.

The cylinders of CFCs and HCFCs are received in the plant and stored in a covered area destined for this purpose, at room temperature. There is a scale for the weighing of the same is identified the substance contained, as well as wheelbarrow to transport them.

All these processes are enabled in a registry to keep track of the amount and kind of ODS destroyed.

### *7.2 Station for preparing and injecting the ODS from the cylinders to the cement kilns.*

As mentioned before, it is very important to control the injection ration of ODS into the cement kiln. The injection is control through an automatic process that was designed for the destruction of CFC and HCFC and its parameters are adjusted automatically in the control cabinet after deciding the destruction of one or the other.

In ODS dosing station, the cylinders are placed inside a pool at a temperature of 30°C, in order to facilitate the extraction of the vapor phase from the cylinder; then the cylinders are connected by threaded hoses and their corresponding valves to a manifold that allows the simultaneous coupling of several bullets to the kiln feeding system, to achieve the strict control of the dosing of the gas to the kiln. There is a regulating valve for pressure and flow. It also has an emergency valve for the automatic disconnection of the supply to the kiln in case of unexpected stops or failures in the operation.

In the case of CFC-11 (which is liquid at room temperature), air is injected into the cylinders and heated at its base to achieve evaporation and in this phase (gas) is introduced into the kiln.

The installation is equipped with a vacuum pump that is used sporadically to extract the gases from the cylinders when they have little content. There is a filter to separate the oil that may come with the gas, with the aim of not embedding in the pipes, the latter are coated with insulating material to maintain the temperature. In addition, it consists of a vaporizer to heat the water of the pool when the temperature is below 30°C, controlled by a temperature sensor facilitating the gas output of the cylinders.

The gas injection system has a complex system of valves to ensure that the quantities that are injected into the kiln are correct. The CFCs or HCFCs are injected at the entrance of the primary air fan of the kiln burner, by means of a 0.5-inch pipe. It is important to bear in mind that the

feeding of CFCs, or HCFCs to the kiln, is only done when the cement is being produced and when this process is stable.

For each type of refrigerant, a kiln dosage is guaranteed, as it is key to maintain the quality of the cement so the quantities of ODS to be destroyed are according to the calculation of the production load of the cement kiln. Due to the age of the kiln a maximum amount of 0.1 kg per tonne of cement is injected, which guarantees the complete destruction of the gases.

The installed system has a nominal destruction capacity of 10 tons/year, being the destruction capacity related to the production of cement.

### 8. Start-up and operation of the destruction plant

The destruction plant in Siguaney cement plant started in October 2015, but even before the commissioning of the disposal plant, it has faced different challenges that has delayed its start-up and limited its operation which has impacted the CFC and HCFC destroyed.

Among the challenges faced were:

- a) Delay in the approval of the environmental license: CFC and HCFC were two new type of waste to be treated in the cement kiln.
- b) Delay in the commissioning of the civil works and importation process of the system.
- c) Requirement to wait for a maintenance window in the kiln to conduct the trials and start the system.
- d) Breakage of parts of the technological process of cement manufacturing, such as valves, the mills, refractory bricks from the kilns. This goes through lengthy import procedures into the country.
- e) Problems with the supply chain of the raw material, for the types of cement that it produces.
- f) Problems in the country with the supply of fuel.
- g) Problems with the supply of water to the factory, due to the drought in that area of the country.
- h) Extension of technological breaks more than the time foreseen by the schedule.

### 9. Amount of ODS destroyed

The amount of ODS destroyed is presented in the next table; The low quantities destroyed respond to problems listed before and to the low production level of the plant, which is in line with the economic activity of the country.

*Table 1. Amount destroyed by the ODS disposal plant.*

<b>Year</b>	<b>ODS destroyed</b>	<b>Amount (ton)</b>
2015	R-12	0.308
	R-22	0.215

<b>Year</b>	<b>ODS destroyed</b>	<b>Amount (ton)</b>
2016	R-11	0.268
	R-12	0.259
2017		0.000
2018	R-12	0.695
<b>total</b>		<b>1.745</b>

During the end of 2016 and 2017, there were a severe drought in the area, so the complete operation of the cement plant stopped as it is based in a humid process; as the destruction of ODS is linked to the manufacture of cement, there was not destruction of ODS in 2017.

Currently the disposal plant is in operation and it is expected that continues destroying the collected ODS under Energy Programme and the implementation of the HCFC phase out management plan. OTOZ estimates that more than 80 tonnes of refrigerant are stored in a warehouse in Havana, guarded by the Ministry of Internal Trade (MINCIN), who is responsible for its storage, transportation and destruction in the factory.

## **10. Operation of the collection system**

A refrigerant recovery and collection systems is in place, it is in charge of the Ministry of Internal Commerce (MINCIN), which coordinates the operation of the municipal and territorial workshops that conform the system. The MINCIN is also in charge of the mobile workshop used to transport the collected refrigerants between the different centers and the disposal plant.

In Cuba, transportation is a challenge, so the mobile workshops designed and acquired by the project is a key tool to complete the sound management of refrigerant within the country.

However, the collection system faces some challenges, such as:

- The smaller workshops do not deliver the amounts collected to the provincial centers.
- Many of the smaller workshops do not have the appropriate equipment for the collection of refrigerants.
- Limit the mixture of refrigerants at the time of recovery.
- The destruction of refrigerant involves a payment for its disposal to the cement plant. The cement company calculated the cost of destruction of \$ 6 per kilo.

## **11. Challenges and lesson learnt during project implementation**

### *11.1 Challenges*

Some of the challenges faced by the project during its implementation were:

- Lack of installed capacity in the smaller workshops to collect refrigerant.

- The installed controls of the cement kiln were quite old, so it was required additional training to kiln operators and to adapt solutions to make it work between the obsolete technology of the cement plant and the state-of-the-art technology of the automatic controls of the assembled disposal system.
- Breakage of parts of the plant that was necessary to import during the project that stopped the start-up process extending the project implementation time.
- Times of delay in the fuel supply of the plant due to country problems.
- Delay caused by the water supply in the territory caused by a severe drought. Other sectors of the industry and the population were prioritized for the water supply.
- Delay in the hiring and importation of resources by the Importing Company, resulting in delays in the physical and financial execution of the project not foreseen in the work plan.
- Delay by the Entity responsible for the recovery and transportation of refrigerant gases in implementing its technical and financial execution plan.
- Difficulties in the identification of laboratories available in Cuba for conducting a dioxins and furans analysis and difficulties in identifying laboratories abroad for contracting the analysis of these samples (There is no laboratory in Cuba for the analysis of this type). There are not the necessary sample collection points in the discharge chimney for the collection of the sample.

### *11.2 Lesson learnt.*

The implementation of the project left some valuable lessons, such as:

- The selected technology of destruction of gases in cement plant depends on industrial processes, (these gases are injected into the kiln in the process of making cement, when this process is stopped, the destruction of gases is stopped and the scheduled schedule.
- It takes time for the necessary training of the specialists who receive the new technology.
- The coordination between the different parties or institutions involved in the project is complex and requires a lot of time. It is needed to be systematically checked, to resolve the difficulties that arise during execution and to monitor the progress of the tasks.
- The part that receives the new technology, in this case the cement plant, sometimes due to breakage, due to the non-existence of raw material in time and/or due to an increase in the number of unplanned technological breaks, lengthens the project implementation schedule, resulting in delays of the planned activities.
- Even if there is collected ODS waste in the country, the logistical arrangements for its transportation to the destruction plant are as important as the destruction plan itself.
- To adapt new controls and devices to an existing plant, especially to one with several years in operation, carries difficulties and delays. It is important to consider this parameter when selecting the location of a destruction facility.

**Annexe III**

**TEXTE À INCLURE DANS L'ACCORD ACTUALISÉ ENTRE LE GOUVERNEMENT DE LA TUNISIE ET LE COMITÉ EXÉCUTIF DU FONDS MULTILATÉRAL, POUR LA RÉDUCTION DE LA CONSOMMATION D'HYDROCHLOROFLUOROCARBONES**

**(Les changements pertinents sont indiqués en caractères gras afin d'en faciliter la consultation)**

**16. Cet accord actualisé remplace l'Accord conclu entre le gouvernement de la Tunisie et le Comité exécutif à la 72<sup>e</sup> réunion du Comité exécutif.**

**APPENDICE 2-A: OBJECTIFS ET FINANCEMENT**

<b>Ligne</b>	<b>Détails</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>Total</b>	
1.1	Calendrier de réduction des substances du groupe I de l'annexe C du Protocole de Montréal (tonnes PAO)	40,70	36,63	36,63	36,63	36,63	36,63	36,63	S.o.	
1.2	Consommation totale maximum autorisée des substances du groupe I de l'annexe C (tonnes PAO)	40,70	36,63	36,63	36,63	34,60	34,60	34,60	S.o.	
2.1	Financement convenu pour l'agence principale (ONUDI) (\$US)	<b>376</b> <b>920</b>	<b>0</b>	<b>71 038</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>57</b> <b>500</b>	<b>0</b>	<b>505</b> <b>458</b>	
2.2	Coûts d'appui pour l'agence principale (\$US)	<b>26 384</b>	<b>0</b>	<b>4 973</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4 025</b>	<b>0</b>	<b>35 382</b>	
2.3	Financement convenu pour l'agence de coopération (PNUE) (\$US)	<b>30 000</b>	<b>0</b>	<b>55 000</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>15</b> <b>000</b>	<b>0</b>	<b>100</b> <b>000</b>	
2.4	Coûts d'appui pour l'agence de coopération (PNUE, \$US)	<b>3 900</b>	<b>0</b>	<b>7 150</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1 950</b>	<b>0</b>	<b>13 000</b>	
2.5	Financement convenu pour l'agence de coopération (France) (\$US)	<b>38 000</b>	<b>0</b>	<b>38 000</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>19</b> <b>000</b>	<b>0</b>	<b>95 000</b>	
2.6	Coûts d'appui pour l'agence de coopération France, \$US)	<b>4 940</b>	<b>0</b>	<b>4 940</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2 470</b>	<b>0</b>	<b>12 350</b>	
3.1	Financement total convenu (\$US)	<b>444</b> <b>920</b>	<b>0</b>	<b>164</b> <b>038</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>91</b> <b>500</b>	<b>0</b>	<b>700</b> <b>458</b>	
3.2	Total des coûts d'appui (\$US)	<b>35 224</b>	<b>0</b>	<b>17 063</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>8 445</b>	<b>0</b>	<b>60 732</b>	
3.3	Total des coûts convenus (\$US)*	<b>480</b> <b>144</b>	<b>0</b>	<b>181</b> <b>101</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>99</b> <b>945</b>	<b>0</b>	<b>761</b> <b>190</b>	
4.1.1	Élimination totale de HCFC-22 convenue aux termes du présent Accord (tonnes PAO)									9,26
4.1.2	Élimination du HCFC-22 à réaliser dans le cadre de projets approuvés précédemment (tonnes PAO)									0
4.1.3	Consommation restante admissible de HCFC-22 (tonnes PAO)									29,75
4.2.1	Élimination totale de HCFC-141b convenue aux termes du présent Accord (tonnes PAO)									1,34
4.2.2	Élimination du HCFC-141b à réaliser dans le cadre de projets approuvés précédemment (tonnes PAO)									0
4.2.3	Consommation restante admissible de HCFC-141b (tonnes PAO)									0,27
4.3.1	Élimination totale de HCFC-142b convenue aux termes du présent Accord (tonnes PAO)									0
4.3.2	Élimination du HCFC-142b à réaliser dans le cadre de projets approuvés précédemment (tonnes PAO)									0
4.3.3	Consommation restante admissible de HCFC-142b (tonnes PAO)									0,04
4.4.1	Élimination complète du HCFC-141b contenu dans des polyols prémélangés importés à réaliser en vertu du présent accord (tonnes PAO)									0

<b>Ligne</b>	<b>Détails</b>	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>Total</b>
4.4.2	Élimination du HCFC-141b contenu dans des polyols prémélangés importés à réaliser dans le cadre de projets approuvés précédemment (tonnes PAO)								0
4.4.3	Consommation restante admissible de HCFC-141b contenu dans des polyols prémélangés importés (tonnes PAO)								5,02

\* Révisé à la 83<sup>e</sup> réunion après l'annulation du plan du secteur de la climatisation et des coûts connexes de gestion du projet et d'appui aux agences (1 206 919 \$US, comprenant les coûts d'appui aux agences)

**Annex IV**

**DEMONSTRATION PROJECT TO DEVELOP WINDOW AND PACKAGED AIR-  
CONDITIONERS USING LOWER-GWP REFRIGERANT IN SAUDI ARABIA**

**FINAL REPORT**

Submitted by:

The World Bank

February 2019

## Table of Contents

List of Tables .....	3
List of Figures .....	4
Executive Summary .....	5
I. Introduction .....	6
Objectives .....	6
II. Project Implementation .....	7
1. Software Development.....	7
2. Design and Manufacturing of Prototypes.....	8
ISO 5149 .....	8
IEC 60335-2-40 .....	11
Prototype Unit Design.....	11
Specific Design Features for Flammable Refrigerants .....	14
Other Design Features.....	14
Prototype Units .....	14
Refrigerant Charge Amounts .....	18
3. Testing .....	18
Test Procedure .....	18
Laboratory Modifications for Flammable Refrigerants .....	19
III. Performance Results.....	20
IV. Cost Analysis .....	23
V. Conclusions .....	25
VI. References .....	26
VII. Appendix A .....	27

## List of Tables

Table 1: Properties of R-32, R-290 and R-410A .....	7
Table 2: Possible Applications of R-290 Prototypes .....	10
Table 3: Possible Applications of R-32 Prototypes .....	10
Table 4: Total Refrigerant Charge Amounts (kg) per Unit.....	18
Table 5: Testing Temperature Conditions (°C).....	19
Table 6: Cost Comparison of Refrigerant – 100 kW Unit .....	23
Table 7: Cost Comparison of Refrigerant – 70 kW Unit .....	23
Table 8: Cost Comparison of Refrigerant – 40 kW Unit .....	24
Table 9: Cost Comparison of Major Components - 100 kW Unit (US \$) .....	24
Table 10: Cost Comparison of Major Components - 70 kW Unit (US \$) .....	25
Table 11: Cost Comparison of Major Components - 40 kW Unit (US \$) .....	25

## List of Figures

Figure 1: Software User Interface.....	9
Figure 2: Schematic of 100 kW Prototype Air-Cooled Chiller.....	11
Figure 3: Top and Side Views of 100 kW Prototype Air-Cooled Chiller.....	12
Figure 4: Schematic of 70 kW Prototype Air-Cooled Chiller.....	13
Figure 5: Top and Side Views of 70 kW Prototype Air-Cooled Chiller.....	13
Figure 6: Prototypes.....	15
Figure 7: R-32 Prototype with Markings .....	15
Figure 8: R-32 Unit with Scroll Compressor .....	16
Figure 9: R-290 Unit with Semi-Hermetic Compressor .....	16
Figure 10: R-290 Leak Sensor .....	17
Figure 11: NEMA 7 Electrical Panel Upgrade .....	17
Figure 12: Unit Test Setup.....	18
Figure 13: Control Alarm Panel and R-290 Sensors.....	19
Figure 14: EER and Cooling Capacity at Various Ambient Temperatures – 40 kW Prototypes.....	20
Figure 15: EER and Cooling Capacity at Various Ambient Temperatures – 70 kW Prototypes.....	20
Figure 16: EER and Cooling Capacity at Various Ambient Temperatures – 100 kW Prototypes.....	21
Figure 17: Low GWP refrigerants relative performance to R-410A at 35°C – 100 kW Prototypes.....	22
Figure 18: Low GWP refrigerants relative performance to R-410A at 46°C – 100 kW Prototypes.....	22
Figure 19: Low GWP refrigerants relative performance to R-410A at 52°C – 100 kW Prototypes.....	23

## Executive Summary

This demonstration project was conducted in response to decision 76/26 of the Executive Committee of the Multilateral Fund (May 2016 meeting), asking for the development of window and packaged air-conditioners in Saudi Arabia using alternative refrigerants with lower global warming potential (GWP). The Multilateral Fund allocated US \$796,400 to two companies: Saudi Factory for Electrical Appliances Co. Ltd. would develop window AC prototypes while PETRA Engineering Industries (KSA) Co., Ltd would develop packaged air-conditioners. The window AC component was later withdrawn from the project after approval.

The project was carried out at PETRA Engineering Industries Company Saudi Arabia and consisted of designing, manufacturing and testing commercial air-cooled chillers using low GWP refrigerants R-32 and R-290. A total of six units were built (3 for R-290 and 3 for R-32) with cooling capacities of 40 kW, 70 kW and 100 kW. The design of the products was in accordance with the safety requirements of ISO-5149 and IEC-60335-2-40, given that both R-32 and R-290 are flammable refrigerants.

The air-cooled chillers were tested at a standard ambient condition of 35°C as well as at high ambient temperatures of 46°C and 52°C. Results were compared to the baseline refrigerant R-410A, which for this project was tested as a drop-in to R-32. In all cases, both R-32 and R-290 units showed similar or better performance (efficiency and cooling capacity) than R-410A. However, design changes necessary to mitigate the risk of using R-290 (highly flammable refrigerant) resulted in a significant increase in the cost of the chillers. The cost increase was minimal in the case of the mildly flammable refrigerant R-32.

The project demonstrated that commercial air-cooled chillers can be successfully designed and operated with low GWP alternative refrigerants such as R-32 and R-290 for a variety of cooling capacities and operating conditions (including high ambient temperatures). Requirements of current international safety standards did not limit the amount of flammable refrigerants used for this particular project because of the specific application and location of the chillers. However, it should be noted that in most commercial applications, the use of highly flammable refrigerants such as R-290 is severely restricted by current safety standards, which is not the case for mildly flammable refrigerants like R-32.

It is believed that findings from this project will help developing countries with high ambient temperature conditions accelerate their adoption and implementation of the Kigali Amendment.

## I. Introduction

In 2007, the Parties to the Montreal Protocol agreed to accelerate the phase-out schedule for hydrochlorofluorocarbons (HCFCs) in developing countries. More specifically, the Parties agreed to a freeze consumption in 2013 (based on average consumption of 2009-2010) followed by reductions of the baseline by 10%, 35%, 67.5% and 97.5% for years 2015, 2020, 2025 and 2030 respectively allowing 2.5% to continue during the period 2030 - 2040 as a service tail and a complete phase out by 2040.

The Article 5 parties, especially those in high-ambient conditions, face serious challenges in finding out suitable lower-GWP alternatives to replace HCFC-22 in air-conditioning applications while maintaining minimum energy performance standards. Although the Executive Committee has funded demonstration project to promote low-GWP alternatives for the A/C industry in high-ambient countries, there are gaps in testing lower-GWP refrigerants: R-32 and R-290 in window and packaged air-conditioners.

To address this gap, the Executive Committee of the Multilateral Fund (MLF)<sup>1</sup> at its 76<sup>th</sup> meeting in May 2016 approved a demonstration project in Saudi Arabia to develop window and packaged air-conditioners using low GWP alternative refrigerants. The MLF allocated US \$796,400, plus agency support costs of US \$55,748 for the World Bank. Funding from the Multilateral Fund has been specifically allocated to the two air-conditioning manufacturers in Saudi Arabia. Saudi Factory for Electrical Appliances Co. Ltd. would develop window AC prototypes while PETRA Engineering Industries (KSA) Co., Ltd would develop packaged air-conditioners.

After the approval of the project, Saudi Factory for Electrical Appliances Co. Ltd. did not participate in the development of window AC prototypes without providing any official explanation. The fund<sup>2</sup> related to the development cost of window AC prototypes has been returned to MLF at the 82<sup>nd</sup> meeting. The development of window AC using lower GWP refrigerant is expected to be covered by one of AC manufacturers as indicated by UNIDO at the 76<sup>th</sup> meeting.

PETRA Engineering Industries Company Saudi Arabia (hereinafter referred to as “PETRA”) confirmed its commitment to develop the packaged air-conditioners.

### **Objectives**

The main objective of the demonstration project was to design, develop and test the performance of air-cooled chillers (integrated chiller and air-handling unit) using low GWP refrigerants R-32 and R-290 at 3 cooling capacities: 40 kW, 70kW, and 100 kW.

Both R-32 and R-290 are environmentally friendly refrigerants, with zero ozone depletion potential (ODP) and low GWP. Both refrigerants have excellent thermophysical properties and are considered good alternatives to R-410A (and R-22). However, both are flammable and

---

<sup>1</sup> Decision 76/26, May 24, 2016

<sup>2</sup> US \$220,000 plus agency support costs of US \$15,400

necessitate design modifications of the baseline R-410A product. Some properties of R-32, R-290 and R-410A are summarized in Table 1 below.

In order to achieve the project’s objectives, PETRA conducted the following tasks:

- Review R-32 and R-290 refrigerant properties.
- Integrate the refrigerant properties in the design software simulation model.
- Use the software simulation model to design the evaporator and condenser coils including circuiting, number of rows, tube diameters and fin spacing.
- Validate the simulation results through actual tests, before producing the prototypes.
- Select the main components (evaporator, condenser, fans and compressor) to achieve similar or better performance than the baseline R-410A unit. The design took into account specific characteristics of each refrigerant such as higher operating pressures and discharge temperatures of R-32.
- Address safety measures by considering the risk associated with the flammability of both R-32 (mildly flammable) and R-290 (highly flammable). The design of the units was consistent with the requirements of ISO-5149 for refrigerant quantities and IEC-60335-2-40 for electrical components and markings.

Table 1: Properties of R-32, R-290 and R-410A

Parameters	R-32	R-290	R-410A
Chemical name	Difluoromethane	Propane	-
Chemical formula or mass composition	CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>	R-32/R-125 (50%/50%)
Safety group (ASHRAE 34)	A2L	A3	A1
Lower Flammability Limit (Kg/m <sup>3</sup> )	0.307	0.038	-
Boiling point (°C)	-51.65	-42.11	-51.44
Critical Temperature (°C)	78.11	96.74	71.36
ODP	0	0	0
GWP <sub>(AR4)</sub>	675	3	2,088

In total, six prototype units were manufactured: three with R-32 (at cooling capacities of 40 kW, 70 kW and 100 kW), and three with R-290. The units were tested at a standard ambient condition of 35°C as well as at high ambient temperatures of 46°C and 52°C. The results were compared to the baseline R-410A which was tested as a drop-in refrigerant to R-32.

## II. Project Implementation

The project consisted of three phases: (1) software development; (2) design and fabrication of the prototypes; and (3) testing.

### 1. Software Development

New software was developed to simulate the performance of the R-32 and R-290 units. PETRA developed the software in 6 different stages as described below:

- a. **Data acquisition** – This stage consisted of acquiring scientific information by reviewing the latest scientific research papers, case studies, etc.
- b. **Design** – This is the most critical stage where the evaporator and condenser heat exchanger models are developed. The system’s coefficient of performance can be evaluated as a function of the heat exchanger design and various two-phase flow heat transfer and pressure drop for both R-32 and R-290 are investigated.
- c. **Implementation** – After the completion of the design phase, the algorithms are developed and translated into programming code language.
- d. **Testing** – This is a critical stage in the software development stage. The software is tested to assess if it meets its intended purpose and does what it is supposed to do. Errors are identified and corrected until the software is ready for operational use.
- e. **Deployment** – After completing the testing phase, the software is deployed to the technical/application team where it is used by engineers to design products. Any problem when operating the software is recorded and passed on to the support and maintenance team for appropriate action.
- f. **Support and Maintenance** – This is the last stage in the life cycle process where modifications are made to the software to correct faults, improve performance or adapt the software to a modified environment.

Finally, the software makes use of a user-friendly interface as shown in Figure 1.

## 2. Design and Manufacturing of Prototypes

The design of the prototype units presented unique challenges as both R-32 and R-290 are flammable refrigerants. According to ASHRAE 34 [1] or ISO 817 [2], the group safety classification for R-32 is A2L, where “A” stands for lower toxicity and “2L” for lower flammability (i.e. refrigerants with a burning velocity less or equal than 10 cm/s). On the other hand, R-290 has a safety classification A3, where “3” stands for higher flammability.

Several safety features had to be taken into consideration to limit the risk of using flammable refrigerants as described below.

### ISO 5149

First, the refrigerant quantities used in the chillers had to be consistent with the requirements of ISO 5149 [3]. This refrigerant charge limit depends on the type of occupancy where the chillers will be installed (i.e. general, supervised or authorized occupancy), the safety classification of the refrigerant, the air conditioning system classification (direct, indirect etc.) and where the refrigerant containing components (i.e. compressors, heat exchangers etc.) are located (outdoor, mechanical room etc.).

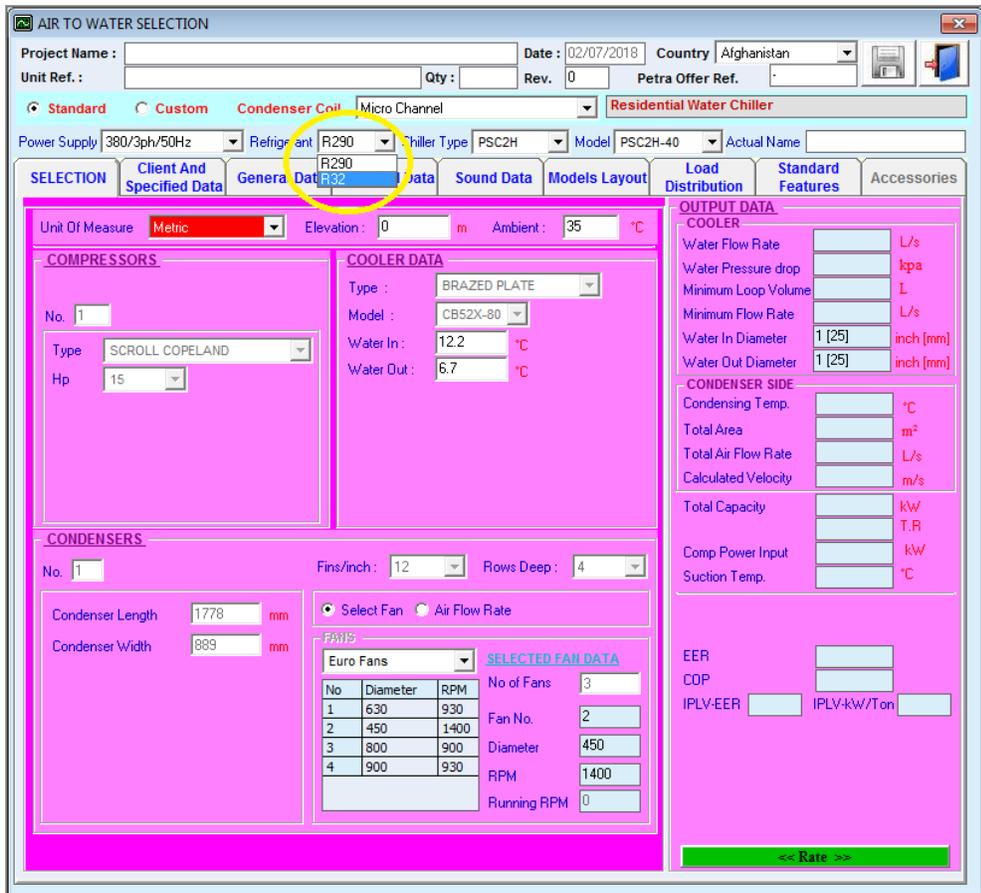


Figure 1: Software User Interface

During product development and testing, the air-cooled chillers were located in PETRA’s manufacturing facility (i.e. authorized occupancy). Consequently, according to ISO 5149 there were no refrigerant charge restrictions for both R-32 and R-290. However, had the intended use of the chillers be for general occupancies (such as hospitals, schools etc.), or supervised occupancies (such as office buildings etc.), the amount of flammable refrigerant would have been severely restricted for R-290 because of its highly flammable classification (i.e. “3”), to a point where the chillers would not be able to operate properly.

Based on ISO 5149 and refrigerant charges ranging from 4 – 5.5 kg per circuit (Table 4), the R-290 air-cooled chiller could be used for applications other than human comfort in supervised or authorized occupancies and when the equipment is located in an above ground machinery room. If the charge could be reduced to less than 5 kg per refrigeration circuit, they could be also used in all occupancy categories if the equipment is located in open air such as on the roof top.

On the other hand, the charge limit restriction would have been less constraining for R-32 because of its mildly flammable classification (i.e. “2L”). The following tables show possible applications for each occupancy category and location classification.

Table 2: Possible Applications of R-290 Prototypes

Occupancy category			Location classification			
			I <sup>3</sup>	II <sup>4</sup>	III <sup>5</sup>	IV <sup>6</sup>
General occupancy “a”: hotels, schools, restaurant	Human comfort		No (charge > 1 kg)		No <sup>7</sup>	Yes <sup>8</sup> (charge < 5 kg)
	Other applications	Below ground	No (charge > 1 kg)		No (charge > 1 kg)	
		Above ground	No (charge > 1.5 kg)		Yes <sup>8</sup> (charge < 5 kg)	
Supervised occupancy “b”: Offices	Human comfort		No (charge > 1 kg)		No <sup>9</sup>	
	Other applications	Below ground	No (charge > 1.5 kg)		No (charge > 1 kg)	
		Above ground	No (charge > 2.5 kg)		Yes (charge < 10 kg)	
Authorized occupancy “c”: manufacturing facilities	Human comfort		No (charge > 1 kg)		Yes <sup>10</sup>	
	Other applications	Below ground	No (charge > 1.5 kg)		No (charge > 1 kg)	
		Above ground	Yes <sup>11</sup> (charge < 10 kg)	Yes <sup>11</sup> (charge < 25 kg)	Yes (no charge restriction)	

Table 3: Possible Applications of R-32 Prototypes

Occupancy category		Location classification			
		I	II	III	IV
General occupancy “a”: hotels, schools, restaurant	Human comfort	Yes <sup>12</sup> (charge < 12 kg)		Yes (no charge restriction)	Yes (charge < 60 kg)
	Other applications	Yes <sup>13</sup> (charge < 12 kg)			
Supervised occupancy “b”: Offices	Human comfort	Yes <sup>12</sup> (charge < 12 kg)			
	Other applications	Yes <sup>13</sup> (charge < 12 kg)	Yes <sup>13</sup> (charge < 25 kg)		
Authorized occupancy “c”: manufacturing facilities	Human comfort	Yes <sup>12</sup> (charge < 12 kg)			
	Other applications	Yes <sup>13</sup> (charge < 12 kg)	Yes <sup>13</sup> (charge < 25 kg)		

<sup>3</sup> The refrigerating system or refrigerant-containing parts are located in the occupied space

<sup>4</sup> All compressors and pressure vessels are either located in a machinery room or in the open air; coil-type heat exchangers and pipework, including valves, can be located in an occupied space

<sup>5</sup> All refrigerant-containing parts are located in a machinery room or open air

<sup>6</sup> All refrigerant-containing parts are located in the ventilated enclosures

<sup>7</sup> In accordance with occupancy “a” other applications

<sup>8</sup> Only for 40 kW and 70 kW unit with charge not more than 5 kg

<sup>9</sup> In accordance with occupancy “b” other applications

<sup>10</sup> In accordance with occupancy “c” other applications

<sup>11</sup> Room volume larger than 526 m<sup>3</sup> for 70 kW unit, 658 m<sup>3</sup> for 40 kW unit, and 724 m<sup>3</sup> for 100 kW unit

<sup>12</sup> Floor area larger than 19 m<sup>2</sup> for 70 kW unit, 29 m<sup>2</sup> for 40 kW unit, and 34m<sup>2</sup> for 100 kW unit and height of supply vent at 1.8m

<sup>13</sup> Room volume larger than 73 m<sup>3</sup> for 70 kW unit, 90 m<sup>3</sup> for 40 kW unit, and 97 m<sup>3</sup> for 100 kW unit

Occupancy category	Location classification			
	I	II	III	IV
< 1 person per 10 m <sup>2</sup>	Yes <sup>13</sup> (charge < 50 kg)	Yes (no charge restriction)		

Tables 2 and 3 show possible applications of R-290 and R-32 that are germane to the chillers designed for this project. As such, the tables should not be viewed as universally applicable. Designers should always refer to ISO 5149 to ensure compliance with safety requirements.

### **IEC 60335-2-40**

The prototype units were also designed to comply with the marking requirements of IEC 60335-2-40 [4]. These requirements are necessary to warn about the flammability hazard of both R-32 and R-290.

It should be noted that IEC 60335-2-40-2018 has also requirements on refrigerant charge limits, which in some instances may be different than the requirements of ISO 5149. However, given that the IEC standard was published in the first quarter of 2018 when the preliminary design of the units was well underway and almost complete, it was decided to stick with the refrigerant charge limit requirements of ISO 5149 instead.

### **Prototype Unit Design**

A schematic of the 100 kW air-cooled chiller is shown in Figures 2 (general view) and 3 (top and side views). Both R-32 and R-290 units are the same except that scroll compressors were used for R-32 while semi-hermetic compressors were used for R-290 as scroll compressors were not yet available for this refrigerant. All components selected (expansion valves, solenoid valves etc.) were compatible with both R-32 and R-290.

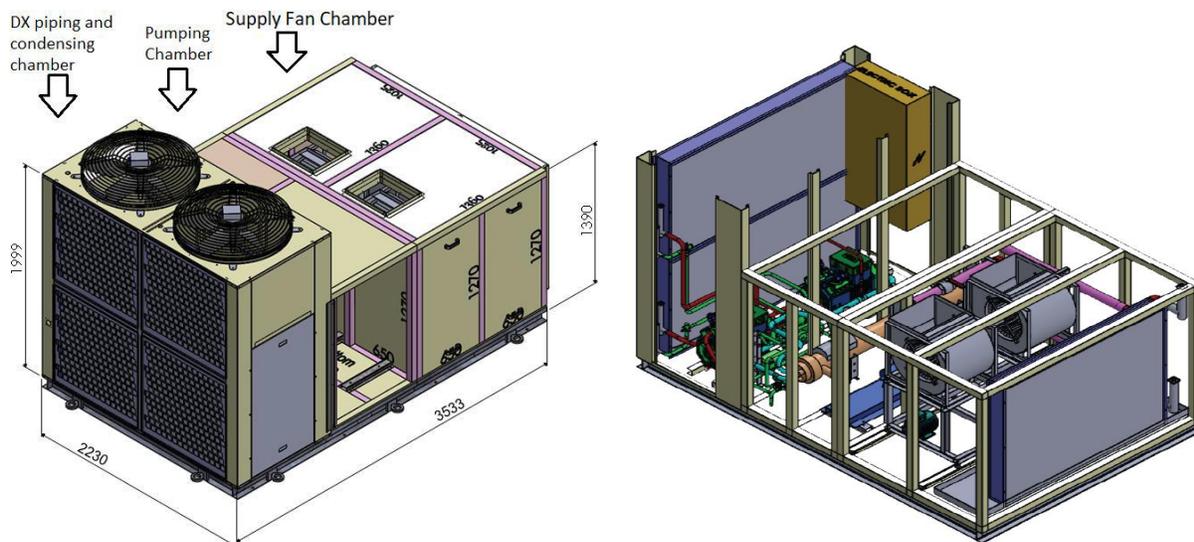


Figure 2: Schematic of 100 kW Prototype Air-Cooled Chiller

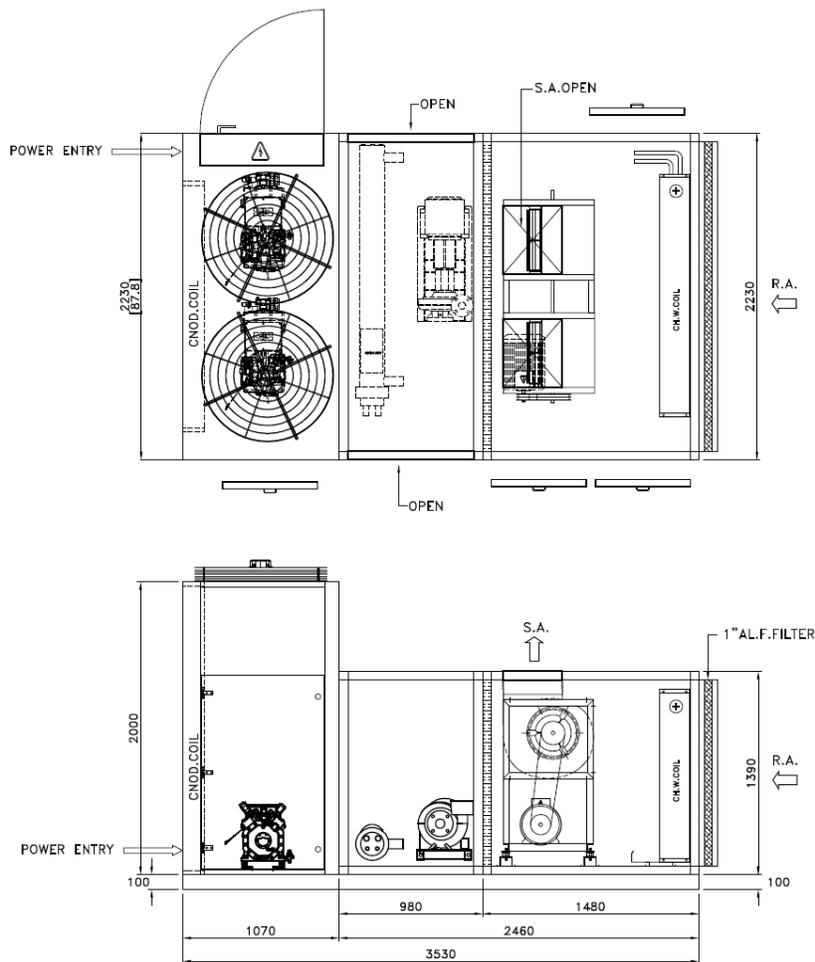


Figure 3: Top and Side Views of 100 kW Prototype Air-Cooled Chiller

As can be seen in the figures, the prototype units are of a hybrid design where the air-cooled chiller is connected with the air handlers in the same cabinet. By using an air-cooled chiller to generate chilled water and circulate it to the air handling unit via a water pump, any refrigerant leakage will be contained in the shell and tube heat exchanger and/or the finned tube cooling coil in the air handling unit so the main supply air stream will be safe from any flammable refrigerant leakage. Furthermore, PETRA separated the compressor and condenser in one chamber and shell and tube heat exchanger in another chamber to further minimize gas leakage to the air handling unit.

A schematic of the 70 kW air-cooled chiller is shown in Figures 4 (general view) and 5 (top and side views). The 40 kW units have the same dimensions but are equipped with only one compressor.

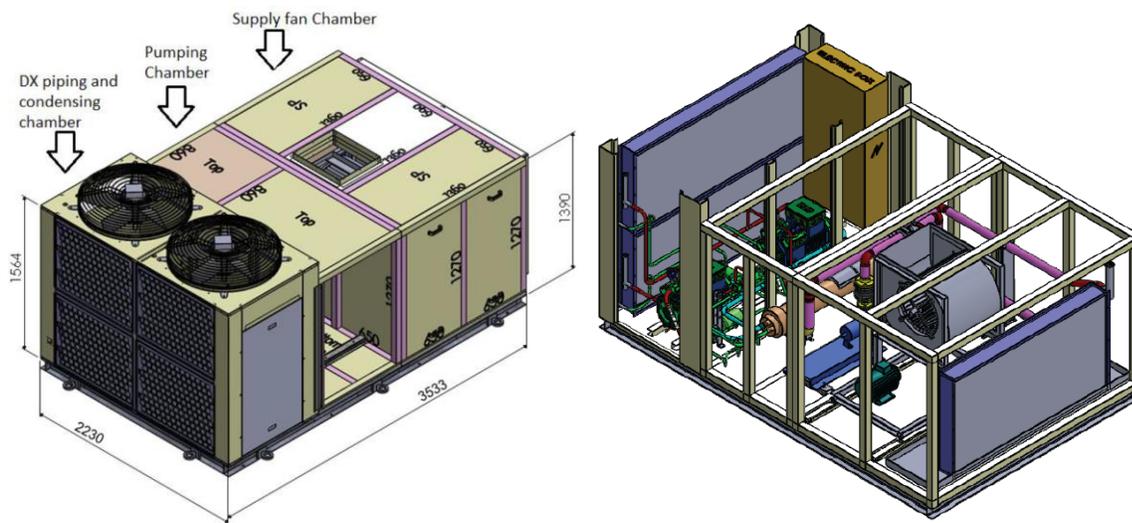


Figure 4: Schematic of 70 kW Prototype Air-Cooled Chiller

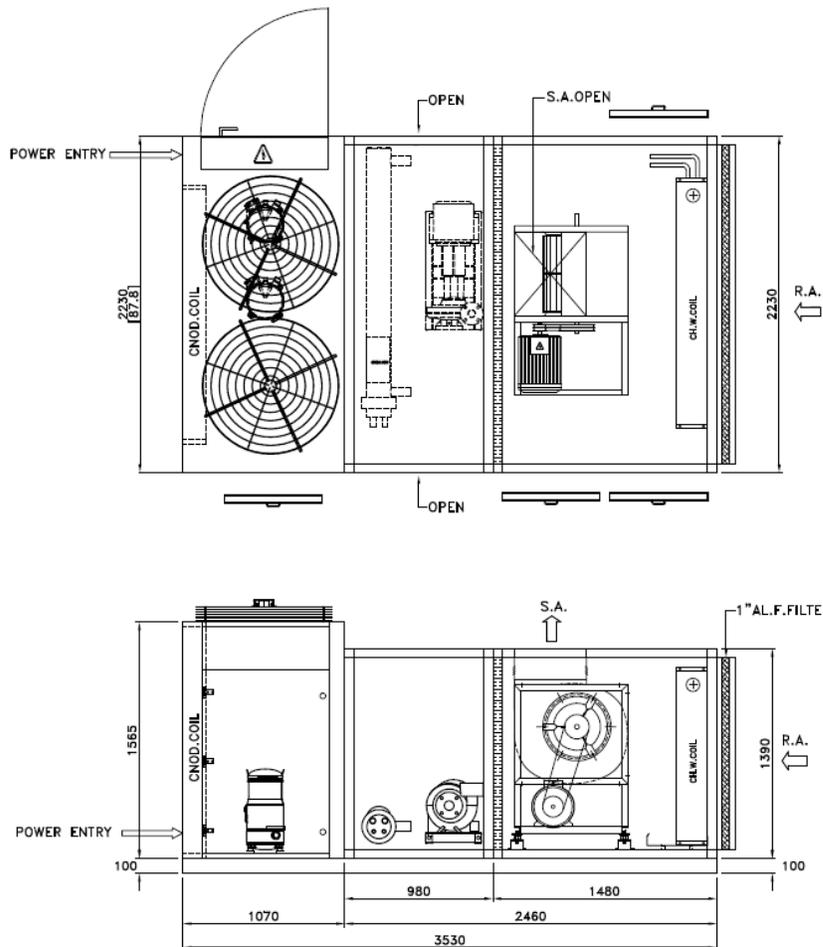


Figure 5: Top and Side Views of 70 kW Prototype Air-Cooled Chiller

## **Specific Design Features for Flammable Refrigerants**

### DX piping and condensing chamber

- Reduce number of junction boxes inside the chamber to reduce ignition source.
- Reduce number of welding joints as much as possible to prevent leakage.
- Use of automatic shut-off valves (liquid solenoid valves) to isolate parts of the refrigeration circuit when a leak occurs.
- Use of more than one independent refrigerant circuit on high capacity units to reduce refrigerant losses in case of a major leak.
- For R-290 units, installation of leak detector sensors to detect, in the event of a leak, the concentration of flammable refrigerants and immediately shut off the unit while operating the axial fans only to move the refrigerant out of the unit.

### Electrical enclosure

- The electrical enclosure is located on the opposite end of the welding joints of the condenser
- NEMA 4X electrical enclosure is used to provide a degree of protection to unauthorized access and a degree of protection of the equipment inside the enclosure against ingress of solid foreign objects.
- Installation of air flow switches insides the electrical panel to ensure that the panel always has a positive pressure.
- Emergency push button switch on the electrical panel door to immediate disconnect the power.
- Electrical conduits sealed with silicone to prevent flammable refrigerant to enter the enclosure in case of leakage.
- For the location classification and requirement according ATEX such as Class 1, Division 1, Group A, B, C, or D as defined in NFPA 70, the prototype can be fitted with NEMA 7 enclosure.

## **Other Design Features**

- Electrical safety capsule on both discharge and suction side of the compressor to protect the compressor and refrigeration system from unsafe high and low pressure conditions. A pressure relief valve is installed as mechanical protection to control high excessive pressure as additional protection to electrical mechanical capsule. This is particularly important for high ambient temperature countries like Saudi Arabia.

Finally, all prototype units were designed to meet the minimum energy efficiency standards currently in place in Saudi Arabia [5].

## **Prototype Units**

Petra manufactured 6 prototype units, 3 units using R-32 at cooling capacities of 40 kW, 70 kW and 100 kW, and 3 other units using R-290 (same cooling capacities), some are shown in the following figures.



Figure 6: Prototypes



Figure 7: R-32 Prototype with Markings



Figure 8: R-32 Unit with Scroll Compressor



Figure 9: R-290 Unit with Semi-Hermetic Compressor



Figure 10: R-290 Leak Sensor



Figure 11: NEMA 7 Electrical Panel Upgrade

### **Refrigerant Charge Amounts**

Each prototype unit was charged with the amount of refrigerant needed to achieve suitable superheat and sub-cooling temperatures. Table 4 shows the refrigerant charge amounts for each unit including the baseline R-410A.

Table 4: Total Refrigerant Charge Amounts (kg) per Unit

Capacity	No. of refrigeration circuit	R-410A	R-32	R-290
100 kW	2	16	12	11
70 kW	2	12	9	8
40 kW	1	6.5	5.5	5

### **3. Testing**

After completing the production of the six prototype units, they were installed and tested one by one in PETRA's testing facility. PETRA's testing facility has a total area of more than 840 m<sup>2</sup> and is fully equipped to accurately test the units according to AHRI and ASHRAE industry standards. The facility has a thermal room capable of testing air-cooled chillers at various water flow rates and ambient temperatures. The facility has also a sound room equipped with instruments capable of measuring sound pressure levels.

#### **Test Procedure**

The test setup was prepared according to AHRI 550/590 [6] as shown in Figure 12, with air flow measurement station to measure air flow rate and air sampler tree to measure ambient, return and supply air dry and wet bulb temperatures.



Figure 12: Unit Test Setup

The tests involved measurements of net capacity (kW or Btu/h) and efficiency (COP in W/W or EER in Btu/W.h) when operating under specified design conditions according to AHRI 550/590, and were carried out under steady state conditions within the tolerances specified in the procedure.

All tests were conducted in the calorimeter laboratory to enable ambient and return air temperatures at conditions shown in Table 5 below.

Table 5: Testing Temperature Conditions (°C)

Rating conditions	Indoor section		Outdoor section	
	Dry Bulb	Wet Bulb	Dry Bulb	Wet Bulb
T <sub>1</sub>	27.0	19.0	35.0	24.0
T <sub>3</sub>	29.0	19.0	46.0	24.0
T <sub>3</sub> <sup>+</sup>	29.0	19.0	52.0	24.0

**Laboratory Modifications for Flammable Refrigerants**

PETRA made minor modifications to its laboratory to safely handle and test flammable refrigerants. More specifically, PETRA added an alarm panel to detect R-290 (Figure 13) and control the exhaust fan in case the concentration of the refrigerant in the laboratory suddenly increases.



Figure 13: Control Alarm Panel and R-290 Sensors

### III. Performance Results

Figure 14 to Figure 16 show variations in Energy Efficiency Ratio (EER) and cooling capacity for the 40 kW, 70 kW and 100 kW prototypes for refrigerants R-290, R-32 and R-410A at three ambient temperatures of 35°C, 46°C and 52°C.

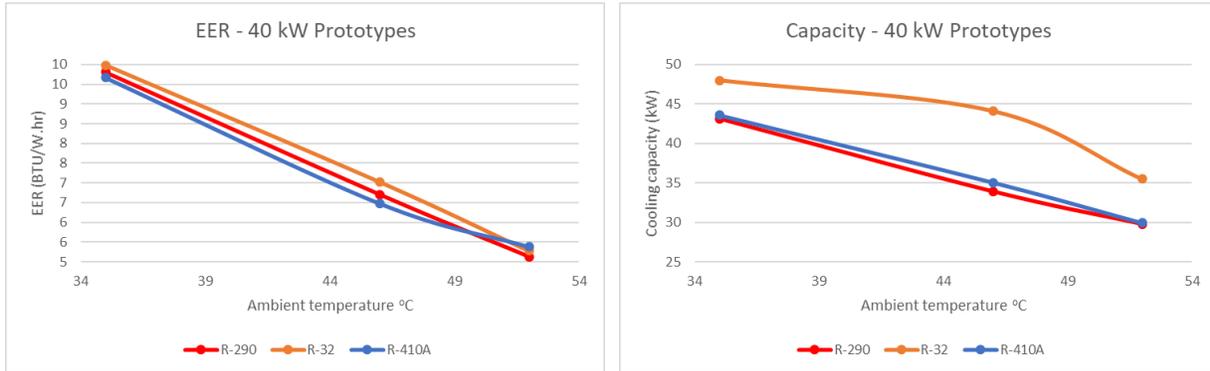


Figure 14: EER and Cooling Capacity at Various Ambient Temperatures – 40 kW Prototypes

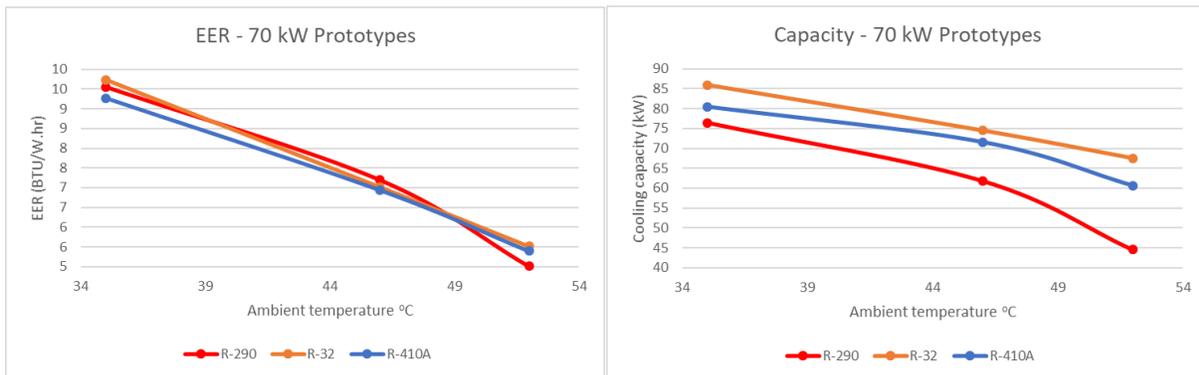


Figure 15: EER and Cooling Capacity at Various Ambient Temperatures – 70 kW Prototypes

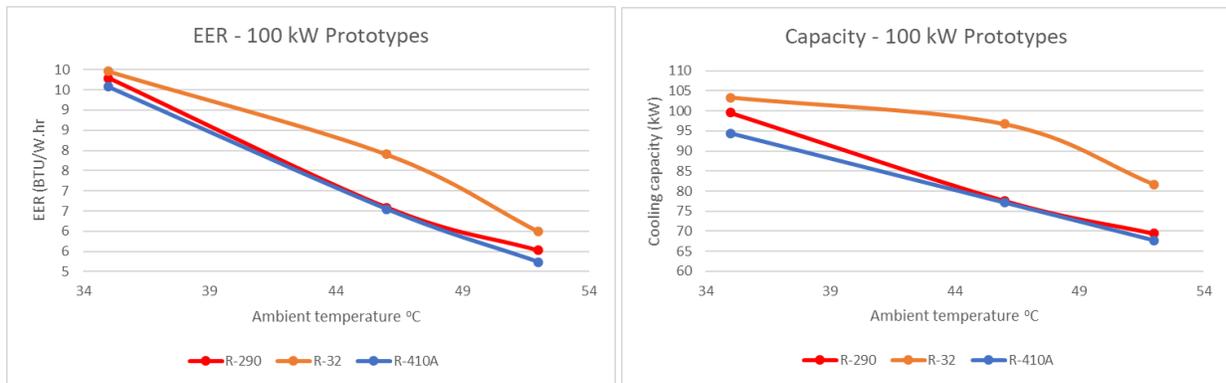


Figure 16: EER and Cooling Capacity at Various Ambient Temperatures – 100 kW Prototypes

As expected, all refrigerants experienced degradation in Energy Efficiency Ratio (EER) and cooling capacity when the ambient temperature increases. When comparing EER, both R-32 and R-290 had slightly better performance than the baseline R-410A at T1 and T3 condition but R-32 EER is lower than R-290 and R-410A at 52°C condition. The only exception is the 100 kW prototype where R-32 has better EER than both R-290 and R-410A at all testing conditions. In terms of cooling capacity, all R-32 prototypes have higher capacity than both R-290 and R-410A at each testing conditions. Comparing cooling capacity of R-410A and R-290 prototypes, the 40 kW and 100 kW have similar cooling capacity while the 70 kW R-410A has higher capacity than R-290 prototype. It should be noted that the performance of R-290 could be attributed to the semi-hermetic compressors which, in general, are less efficient than the scroll compressors used with R-32 and R-410A.

Figures 17, 18 and 19 illustrate the low GWP refrigerants' relative performance to the baseline R-410A for the 100 kW prototypes at the ambient temperatures of 35°C, 46°C and 52°C respectively. These figures give a better visualization of the performance of R-32 and R-290 relative to the baseline R-410A. Results in the upper right quadrant of the chart indicate a better efficiency and a better cooling capacity than R-410A. As can be seen from the figures, R-32 experienced a higher capacity and efficiency than R-410A for all three ambient temperatures. On the other hand, the R-290 prototype's performance was very similar to R-410A. As mentioned before, with better compressors, R-290 would have performed better. It should be stressed again that R-410A was tested as a drop in to R-32 and that the unit was not optimized for that refrigerant. Detailed test reports are included in Appendix A.

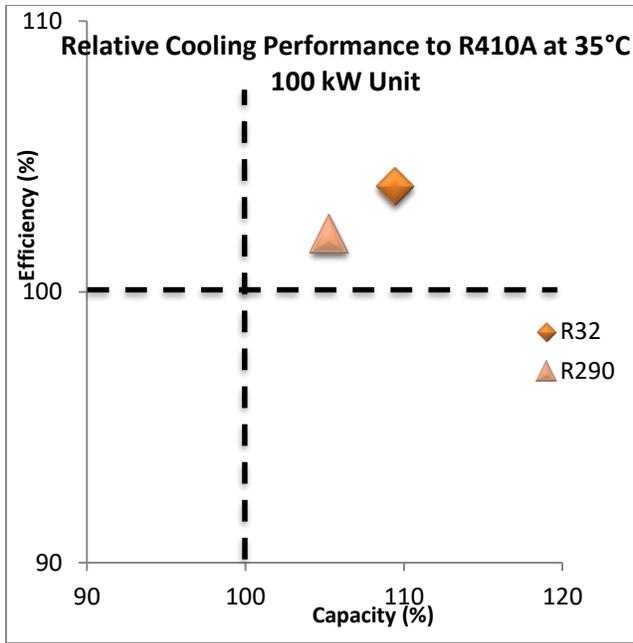


Figure 17: Low GWP refrigerants relative performance to R-410A at 35°C – 100 kW Prototypes

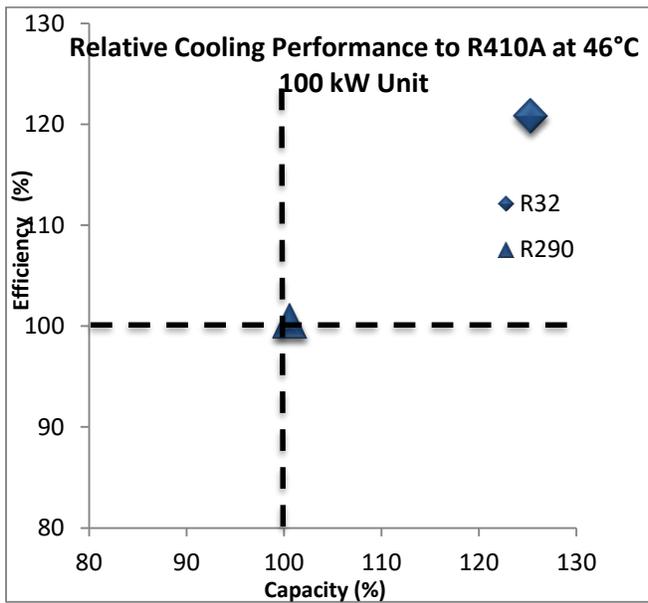


Figure 18: Low GWP refrigerants relative performance to R-410A at 46°C – 100 kW Prototypes

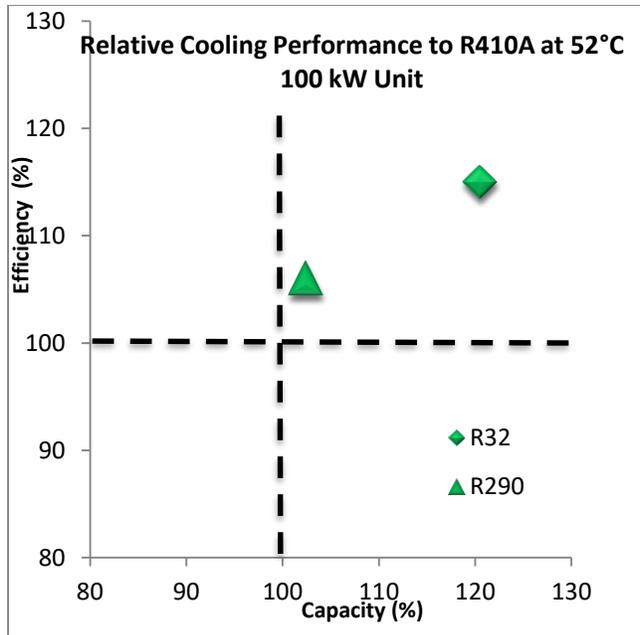


Figure 19: Low GWP refrigerants relative performance to R-410A at 52°C – 100 kW Prototypes

#### IV. Cost Analysis

An analysis was conducted to compare the cost of the low GWP alternative refrigerants and the major components of the chillers to the baseline R-410A. Tables 6, 7 and 8 indicate that the cost of charging the units with R-290 is 25 to 44% higher than R-410A. On the other hand, the cost of charging R-32 is about 50 to 57% less. The higher cost of R-290 is attributed to a weak demand for this refrigerant in the GCC countries and in particular Saudi Arabia.

Table 6: Cost Comparison of Refrigerant – 100 kW Unit

	<b>R-410A</b>	<b>R-32</b>	<b>R-290</b>
Refrigerant charge (kg)	16	12	11
Charge ratio to R-410A (%)		75%	68.8%
Unit cost (\$/kg)	6.55	4.44	12.25
Cost of Refrigerant (\$)	104.8	53.33	134.75
Cost ratio to R-410A (%)		50.88%	128.58%

Table 7: Cost Comparison of Refrigerant – 70 kW Unit

	<b>R-410A</b>	<b>R-32</b>	<b>R-290</b>
Refrigerant charge (kg)	12	9	8
Charge ratio to R-410A (%)		75%	66.7%
Unit cost (\$/kg)	6.55	4.44	12.25
Cost of Refrigerant (\$)	78.6	40.0	98.0
Cost ratio to R-410A (%)		50.89%	124.68%

Table 8: Cost Comparison of Refrigerant – 40 kW Unit

	<b>R-410A</b>	<b>R-32</b>	<b>R-290</b>
Refrigerant charge (kg)	6.5	5.5	5
Charge ratio to R-410A (%)		84.6%	76.9%
Unit cost (\$/kg)	6.55	4.44	12.25
Cost of Refrigerant (\$)	42.58	24.42	61.25
Cost ratio to R-410A (%)		57.35%	143.85%

Table 9 compares the cost of major components of the 100 kW chiller using R-32 and R-290 to the baseline R-410A. The last column in the table reflects the cost of the components designed to meet the European Directive 2014/34/EU also known as “ATEX Equipment Directive” [7]. The ATEX Directive covers equipment and protective systems intended for use in potentially explosive atmospheres. It specifies safety requirements and conformity assessment procedures that are to be applied before products are sold on the EU market.

Table 9: Cost Comparison of Major Components - 100 kW Unit (US \$)

<b>Major Components – 100 kW Unit</b>	<b>R-410A Unit (baseline)</b>	<b>R-32 Unit</b>	<b>R-290 Unit</b>	<b>R-290 Unit with ATEX Components</b>
Compressor (2)	1,821	1,821	6,286	10,686
Condenser coil	2,560	2,560	2,560	2,560
Evaporator heat exchanger	1,829	1,829	1,829	1,829
Water Pump, water coil and supply fan	6,691	6,691	6,691	10,036
Expansion valve (2)	123	123	196	196
Electrical panel and cables	2,054	4,414	4,414	13,242
Piping (2)	693	640	693	693
Pressure relief valve (2)	275	275	246	246
Filter drier (2)	275	275	275	275
Solenoid valve (2)	156	156	156	467
Leak detector R-290 (2)	0	0	544	1,632
<b>TOTAL (US \$)</b>	<b>16,477</b>	<b>18,784</b>	<b>23,890</b>	<b>41,862</b>
Percentage increase to R-410A unit	0%	14%	45%	154%

Results from Table 9 show that the exception of the electrical panel, the cost of R-32 components is very similar to R-410A. Overall, the cost is 14% higher than R-410A, mainly due to upgrade electrical panel. On the other hand, R-290 components are more expensive resulting in an overall cost increase of 45% over R-410A. This increase is mainly due to the high cost of the R-290 semi-hermetic compressor. The ATEX requirements increase significantly the cost of R-290 components; more than 150% over the cost of R-410A. However, while the cost of R-290 components is relatively high today, this cost could decrease if production increases in the future.

Cost comparisons for the 70 and 40 kW chillers can be found in Tables 10 and 11 respectively.

Table 10: Cost Comparison of Major Components - 70 kW Unit (US \$)

Major Components – 70 kW Unit	R-410A Unit (baseline)	R-32 Unit	R-290 Unit	R-290 Unit with ATEX Components
Compressor (2)	1,493	1,493	5,155	8,763
Condenser coil	2,099	2,099	2,099	2,099
Evaporator heat exchanger	1,500	1,500	1,500	1,500
Water Pump, water coil and supply fan	6,259	6,259	6,259	9,389
Expansion valve (2)	101	101	161	161
Electrical panel and cables	1,684	3,619	3,619	10,858
Piping (2)	568	525	568	568
Pressure relief valve (2)	275	275	246	246
Filter drier (2)	275	275	275	275
Solenoid valve (2)	156	156	156	467
Leak detector R-290 (2)	0	0	544	1,632
TOTAL (US \$)	14,411	16,302	20,582	32,828
Percentage increase to R-410A unit	0%	13%	43%	128%

Table 11: Cost Comparison of Major Components - 40 kW Unit (US \$)

Major Components – 40 kW Unit	R-410A Unit (baseline)	R-32 Unit	R-290 Unit	R-290 Unit with ATEX Components
Compressor	911	911	3,143	5,343
Condenser coil	1,280	1,280	1,280	1,280
Evaporator heat exchanger	915	915	915	915
Water Pump, water coil and supply fan	5,896	5,896	5,896	8,844
Expansion valve (2)	62	62	98	98
Electrical panel and cables	1,027	2,207	2,207	6,621
Piping (2)	347	320	347	347
Pressure relief valve (2)	138	138	123	123
Filter drier (2)	138	138	138	138
Solenoid valve (2)	78	78	78	234
Leak detector R-290 (2)	0	0	544	1,632
TOTAL (US \$)	10,789	11,943	14,768	25,573
Percentage increase to R-410A unit	0%	11%	37%	137%

## V. Conclusions

This project successfully demonstrated that commercial air-cooled chillers can be designed and operated with flammable low GWP alternative refrigerants for a variety of cooling capacities and operating conditions, including high ambient temperatures. A total of six units were built with cooling capacities of 40 kW, 70 kW and 100 kW. The design of the products was in accordance with the safety requirements of ISO-5149 and IEC-60335-2-40.

The air-cooled chillers were tested at a standard ambient condition of 35°C as well as at high ambient temperatures of 46°C and 52°C. In all cases, both R-32 and R-290 units showed similar or better performance (efficiency and cooling capacity) than the baseline R-410A chiller. The design changes necessary to mitigate the risk of using R-32 resulted in a marginal increase in the cost of the chillers. However, the cost increase was significantly higher in the case of the highly flammable refrigerant R-290. It is expected that both the cost of the R-32 and R-290 chillers will decrease in the future as production increases.

Requirements of current international safety standards did not limit the amount of flammable refrigerants used for this particular project because of the specific application and location of the chillers. However, it should be noted that in most commercial applications, the use of highly flammable refrigerants such as R-290 is severely restricted by current safety standards, which is not the case for mildly flammable refrigerants like R-32.

Finally, it is believed that findings from this project will help developing countries with high ambient temperature conditions accelerate their adoption and implementation of the Kigali Amendment.

## VI. References

- 1- ANSI/ASHRAE 34, 2016, *Designation and Safety Classification of Refrigerants*, ASHRAE, Atlanta, Georgia, USA.
- 2- ISO 817, 2014, *Refrigerants -- Designation and safety classification*, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- 3- ISO 5149, 2014, *Refrigerating systems and heat pumps — Safety and environmental requirements —Part 1: Definitions, classification and selection criteria*, International Organization for Standardization, Geneva, Switzerland.
- 4- IEC 60335-2-40, 2018, *Household and similar electrical appliances - Safety - Part 2-40: Particular requirements for electrical heat pumps, air-conditioners and dehumidifiers*, International Electrotechnical Commission, Geneva, Switzerland.
- 5- SASO 2874, 2016, *Air-Conditioners – Minimum Energy Performance Requirements and Testing Requirements*, Saudi Standards, Metrology and Quality Organization, Riyadh, Saudi Arabia.
- 6- AHRI 550/590, 2018, *Performance Rating of Water-chilling and Heat Pump Water-heating Packages Using the Vapor Compression Cycle*, Air-Conditioning, Heating, and Refrigeration Institute, Arlington, Virginia, USA.
- 7- Directive 2014/34/EU, 2014, *Harmonization of the laws of the Member States Relating to Equipment and Protective Systems Intended for Use in Potentially Explosive Atmospheres*, European Union, Brussels, Belgium.

## VII. Appendix A

Test reports for all prototypes and low GWP alternatives as well as the baseline R-410A are shown in the following tables.

Test Results: 100 kW Prototype (R-32) @T1 Condition

TEST Results			
Parameter		Unit	Reading
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts 453.51
		S-T	Volts 453.95
		R-T	Volts 456.45
	Current	R	Amps 58.83
		S	Amps 61.75
		T	Amps 59.39
	Watts	R	KW 13.27
		S	KW 13.77
		T	KW 12.97
		Total KW	KW 40.00
Power Factor		---	0.85
Total Power Exclude pump & fan		KW	35.40
Frequency		Hz	60.49
COOLER	Water In	°C	10.42
	Water Out	°C	4.99
	Temperature Drop 1	°C	5.43
	Flow Rate	GPM	72.90
Air condition	Return Air Dry Bulb	°C	26.80
	Return Air Wet Bulb	°C	19.28
	Supply Air Dry Bulb	°C	15.04
	Supply Wet Bulb	°C	13.17
	Air Flow rate	CFM	10256
Condenser	Ambient	°C	35.33
Compressor Data 1	Discharge Temp.	°C	92.90
	Liquid Temp.	°C	45.34
	Suction Temp.	°C	7.08
	Discharge Pressure	[psi]	407.70
	Liquid Pressure	[psi]	402.87
	Suction Pressure	[psi]	104.67
Compressor Data 2	Discharge Temp.	°C	91.04
	Liquid Temp.	°C	47.06
	Suction Temp.	°C	7.77
	Discharge Pressure	[psi]	423.66
	Liquid Pressure	[psi]	413.93
	Suction Pressure	[psi]	105.54

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	7.71
	Specific Heat	Btu/lbm·°F	1.008
	Density	lbm/ft <sup>3</sup>	62.436
	water Flow Rate	ft <sup>3</sup> /hr	584.86
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	54.87
	Enthalpy out	KJ/KG	37.110
	Air Flow Rate	ft <sup>3</sup> /min	10256
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	359767
		KW	105.4
		TR	30.0
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	352556
		KW	103.3
		TR	29.4
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	9.96
	COP	w/w	2.92
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	2%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 100 kW Prototype (R-32) @T3 Condition

TEST Results			
Parameter		Unit	Reading
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts 452.12
		S-T	Volts 452.52
		R-T	Volts 454.64
	Current	R	Amps 66.85
		S	Amps 70.64
		T	Amps 67.33
	Watts	R	KW 15.38
		S	KW 16.03
		T	KW 14.95
		Total KW	KW 46.35
Power Factor		---	0.87
Total Power Exclude pump & fan		KW	41.75
Frequency		Hz	60.46
COOLER	Water In	°C	12.03
	Water Out	°C	6.88
	Temperature Drop 1	°C	5.15
	Flow Rate	GPM	72.70
Air condition	Return Air Dry Bulb	°C	29.15
	Return Air Wet Bulb	°C	19.00
	Supply Air Dry Bulb	°C	16.21
	Supply Wet Bulb	°C	13.23
	Air Flow rate	CFM	10256
Condenser	Ambient	°C	45.92
Compressor Data 1	Discharge Temp.	°C	109.84
	Liquid Temp.	°C	55.17
	Suction Temp.	°C	9.48
	Discharge Pressure	[psi]	501.27
	Liquid Pressure	[psi]	501.17
	Suction Pressure	[psi]	111.34
Compressor Data 2	Discharge Temp.	°C	107.70
	Liquid Temp.	°C	56.78
	Suction Temp.	°C	10.20
	Discharge Pressure	[psi]	520.35
	Liquid Pressure	[psi]	511.27
	Suction Pressure	[psi]	111.05

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	9.45
	Specific Heat	Btu/lbm·°F	1.008
	Density	lbm/ft^3	62.428
	water Flow Rate	ft^3/hr	583.26
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	53.87
	Enthalpy out	KJ/KG	37.250
	Air Flow Rate	ft^3/min	10256
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	340037
		KW	99.7
		TR	28.3
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	329926
		KW	96.7
		TR	27.5
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	7.90
	COP	w/w	2.32
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	3%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 100 kW Prototype (R-32) @52°C Condition

TEST Results				
Parameter		Unit	Reading	
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts	452.31
		S-T	Volts	452.72
		R-T	Volts	454.74
	Current	R	Amps	72.89
		S	Amps	77.31
		T	Amps	73.49
	Watts	R	KW	16.92
		S	KW	17.71
		T	KW	16.46
		Total KW	KW	51.09
Power Factor		---		0.87
Total Power Exclude pump & fan		KW		46.49
Frequency		Hz		60.51
COOLER	Water In		°C	13.59
	Water Out		°C	9.22
	Temperature Drop 1		°C	4.37
	Flow Rate		GPM	72.80
Air condition	Return Air Dry Bulb		°C	29.23
	Return Air Wet Bulb		°C	18.82
	Supply Air Dry Bulb		°C	17.91
	Supply Wet Bulb		°C	13.99
	Air Flow rate		CFM	10256
Condenser	Ambient		°C	51.80
Compressor Data 1	Discharge Temp.		°C	117.99
	Liquid Temp.		°C	60.76
	Suction Temp.		°C	11.94
	Discharge Pressure		[psi]	561.23
	Liquid Pressure		[psi]	562.55
	Suction Pressure		[psi]	119.86
Compressor Data 2	Discharge Temp.		°C	117.60
	Liquid Temp.		°C	62.68
	Suction Temp.		°C	12.77
	Discharge Pressure		[psi]	588.42
	Liquid Pressure		[psi]	578.44
	Suction Pressure		[psi]	119.05

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	11.41
	Specific Heat	Btu/lbm·°F	1.009
	Density	lbm/ft^3	62.417
	water Flow Rate	ft^3/hr	584.06
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	53.28
	Enthalpy out	KJ/KG	39.240
	Air Flow Rate	ft^3/min	10256
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	289310
		KW	84.8
		TR	24.1
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	278710
		KW	81.7
		TR	23.2
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	6.00
	COP	w/w	1.76
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	4%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 100 kW Prototype (R-410A) @T1 Condition

TEST Results				
Parameter		Unit	Reading	
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts	453.89
		S-T	Volts	454.27
		R-T	Volts	456.57
	Current	R	Amps	56.74
		S	Amps	59.45
		T	Amps	57.05
	Watts	R	KW	12.73
		S	KW	13.15
		T	KW	12.37
		Total KW	KW	38.25
	Power Factor		---	
Total Power Exclude pump & fan		KW		33.65
Frequency		Hz		60.50
COOLER	Water In		°C	10.71
	Water Out		°C	5.66
	Temperature Drop 1		°C	5.05
	Flow Rate		GPM	72.70
Air condition	Return Air Dry Bulb		°C	26.85
	Return Air Wet Bulb		°C	19.51
	Supply Air Dry Bulb		°C	15.59
	Supply Wet Bulb		°C	14.02
	Air Flow rate		CFM	10256
Condenser	Ambient		°C	35.16
Compressor Data 1	Discharge Temp.		°C	72.55
	Liquid Temp.		°C	43.96
	Suction Temp.		°C	7.77
	Discharge Pressure		[psi]	388.76
	Liquid Pressure		[psi]	382.02
	Suction Pressure		[psi]	102.71
Compressor Data 2	Discharge Temp.		°C	70.08
	Liquid Temp.		°C	44.37
	Suction Temp.		°C	7.17
	Discharge Pressure		[psi]	417.69
	Liquid Pressure		[psi]	406.09
	Suction Pressure		[psi]	104.40

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	8.19
	Specific Heat	Btu/lbm·°F	1.008
	Density	lbm/ft^3	62.434
	water Flow Rate	ft^3/hr	583.26
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	55.61
	Enthalpy out	KJ/KG	39.380
	Air Flow Rate	ft^3/min	10256
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	333695
		KW	97.8
		TR	27.8
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	322184
		KW	94.4
		TR	26.8
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	9.57
	COP	w/w	2.81
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	3%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 100 kW Prototype (R-410A) @T3 Condition

TEST Results			
Parameter		Unit	Reading
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts 452.58
		S-T	Volts 452.98
		R-T	Volts 455.35
	Current	R	Amps 65.44
		S	Amps 67.84
		T	Amps 63.36
	Watts	R	KW 14.88
		S	KW 15.44
		T	KW 14.49
	Total KW		KW
Power Factor		---	0.87
Total Power Exclude pump & fan		KW	40.21
Frequency		Hz	60.48
COOLER	Water In	°C	13.19
	Water Out	°C	9.06
	Temperature Drop 1	°C	4.13
	Flow Rate	GPM	72.60
Air condition	Return Air Dry Bulb	°C	26.26
	Return Air Wet Bulb	°C	19.20
	Supply Air Dry Bulb	°C	17.69
	Supply Wet Bulb	°C	14.76
	Air Flow rate	CFM	10256
Condenser	Ambient	°C	45.92
Compressor Data 1	Discharge Temp.	°C	86.68
	Liquid Temp.	°C	54.65
	Suction Temp.	°C	11.33
	Discharge Pressure	[psi]	488.66
	Liquid Pressure	[psi]	486.04
	Suction Pressure	[psi]	114.86
Compressor Data 2	Discharge Temp.	°C	83.82
	Liquid Temp.	°C	55.91
	Suction Temp.	°C	10.03
	Discharge Pressure	[psi]	529.55
	Liquid Pressure	[psi]	517.50
	Suction Pressure	[psi]	113.26

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	11.13
	Specific Heat	Btu/lbm·°F	1.009
	Density	lbm/ft^3	62.418
	water Flow Rate	ft^3/hr	582.46
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	54.62
	Enthalpy out	KJ/KG	41.360
	Air Flow Rate	ft^3/min	10256
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	272656
		KW	79.9
		TR	22.7
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	263226
		KW	77.1
		TR	21.9
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	6.55
	COP	w/w	1.92
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	3%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 100 kW Prototype (R-410A) @52°C Condition

TEST Results			
Parameter		Unit	Reading
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts 452.48
		S-T	Volts 452.77
		R-T	Volts 455.18
	Current	R	Amps 70.34
		S	Amps 73.13
		T	Amps 68.09
	Watts	R	KW 16.17
		S	KW 16.82
		T	KW 15.75
		Total KW	KW 48.74
Power Factor		---	0.88
Total Power Exclude pump & fan		KW	44.14
Frequency		Hz	60.50
COOLER	Water In	°C	14.47
	Water Out	°C	10.85
	Temperature Drop 1	°C	3.62
	Flow Rate	GPM	72.80
Air condition	Return Air Dry Bulb	°C	29.15
	Return Air Wet Bulb	°C	18.90
	Supply Air Dry Bulb	°C	18.74
	Supply Wet Bulb	°C	14.96
	Air Flow rate	CFM	10256
Condenser	Ambient	°C	51.50
Compressor Data 1	Discharge Temp.	°C	95.85
	Liquid Temp.	°C	60.43
	Suction Temp.	°C	13.03
	Discharge Pressure	[psi]	552.17
	Liquid Pressure	[psi]	550.15
	Suction Pressure	[psi]	117.73
Compressor Data 2	Discharge Temp.	°C	91.89
	Liquid Temp.	°C	60.72
	Suction Temp.	°C	11.14
	Discharge Pressure	[psi]	584.35
	Liquid Pressure	[psi]	572.26
	Suction Pressure	[psi]	114.22

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	12.66
	Specific Heat	Btu/lbm·°F	1.009
	Density	lbm/ft^3	62.408
	water Flow Rate	ft^3/hr	584.06
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	53.54
	Enthalpy out	KJ/KG	41.900
	Air Flow Rate	ft^3/min	10256
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	239717
		KW	70.3
		TR	20.0
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	231067
		KW	67.7
		TR	19.3
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	5.23
	COP	w/w	1.53
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	4%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 100 kW Prototype (R-290) @T1 Condition

TEST Results				
Parameter		Unit	Reading	
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts	453.27
		S-T	Volts	453.94
		R-T	Volts	455.94
	Current	R	Amps	60.79
		S	Amps	62.70
		T	Amps	61.80
	Watts	R	KW	12.97
		S	KW	13.38
		T	KW	12.94
		Total KW	KW	39.29
Power Factor		---		0.81
Total Power Exclude pump & fan		KW		34.69
Frequency		Hz		60.52
COOLER	Water In		°C	10.35
	Water Out		°C	5.06
	Temperature Drop 1		°C	5.29
	Flow Rate		GPM	72.90
Air condition	Return Air Dry Bulb		°C	27.00
	Return Air Wet Bulb		°C	19.40
	Supply Air Dry Bulb		°C	14.90
	Supply Wet Bulb		°C	13.56
	Air Flow rate		CFM	10256
Condenser	Ambient		°C	35.46
Compressor Data 1	Discharge Temp.		°C	69.99
	Liquid Temp.		°C	39.41
	Suction Temp.		°C	8.57
	Discharge Pressure		[psi]	248.14
	Liquid Pressure		[psi]	241.92
	Suction Pressure		[psi]	56.25
Compressor Data 2	Discharge Temp.		°C	67.94
	Liquid Temp.		°C	39.52
	Suction Temp.		°C	6.73
	Discharge Pressure		[psi]	243.09
	Liquid Pressure		[psi]	237.48
	Suction Pressure		[psi]	59.74

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	7.71
	Specific Heat	Btu/lbm·°F	1.008
	Density	lbm/ft^3	62.436
	water Flow Rate	ft^3/hr	584.86
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	55.27
	Enthalpy out	KJ/KG	38.160
	Air Flow Rate	ft^3/min	10256
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	350492
		KW	102.7
		TR	29.2
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	339653
		KW	99.5
		TR	28.3
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	9.79
	COP	w/w	2.87
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	3%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 100 kW Prototype (R-290) @T3 Condition

TEST Results					
Parameter			Unit	Reading	
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts	452.73	
		S-T	Volts	453.36	
		R-T	Volts	455.51	
	Current	R	Amps	67.29	
		S	Amps	69.78	
		T	Amps	68.94	
	Watts	R	KW	14.70	
		S	KW	15.30	
		T	KW	14.78	
		Total KW	KW	44.78	
	Power Factor			---	0.83
Total Power Exclude pump & fan			KW	40.18	
Frequency			Hz	60.48	
COOLER	Water In			°C	12.27
	Water Out			°C	8.15
	Temperature Drop 1			°C	4.12
	Flow Rate			GPM	72.60
Air condition	Return Air Dry Bulb			°C	28.89
	Return Air Wet Bulb			°C	19.30
	Supply Air Dry Bulb			°C	16.74
	Supply Wet Bulb			°C	14.81
	Air Flow rate			CFM	10256
Condenser	Ambient			°C	45.50
Compressor Data 1	Discharge Temp.			°C	74.11
	Liquid Temp.			°C	48.42
	Suction Temp.			°C	8.18
	Discharge Pressure			[psi]	297.17
	Liquid Pressure			[psi]	290.70
Compressor Data 2	Suction Pressure			[psi]	62.75
	Discharge Temp.			°C	74.74
	Liquid Temp.			°C	47.59
	Suction Temp.			°C	10.98
	Discharge Pressure			[psi]	334.14
	Liquid Pressure			[psi]	330.71
Suction Pressure			[psi]	62.28	

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	10.21
	Specific Heat	Btu/lbm.°F	1.009
	Density	lbm/ft^3	62.424
	water Flow Rate	ft^3/hr	582.46
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	54.87
	Enthalpy out	KJ/KG	41.530
	Air Flow Rate	ft^3/min	10256
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	271953
		KW	79.7
		TR	22.7
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	264814
		KW	77.6
		TR	22.1
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	6.59
	COP	w/w	1.93
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	3%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 100 kW Prototype (R-290) @52°C Condition

TEST Results			
Parameter		Unit	Reading
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts 452.93
		S-T	Volts 453.33
		R-T	Volts 455.33
	Current	R	Amps 70.63
		S	Amps 73.46
		T	Amps 72.33
	Watts	R	KW 15.58
		S	KW 16.25
		T	KW 15.62
	Total KW		KW
Power Factor		---	0.84
Total Power Exclude pump & fan		KW	42.85
Frequency		Hz	60.45
COOLER	Water In	°C	13.69
	Water Out	°C	9.98
	Temperature Drop 1	°C	3.71
	Flow Rate	GPM	72.90
Air condition	Return Air Dry Bulb	°C	29.42
	Return Air Wet Bulb	°C	19.52
	Supply Air Dry Bulb	°C	17.87
	Supply Wet Bulb	°C	15.57
	Air Flow rate	CFM	10256
Condenser	Ambient	°C	52.01
Compressor Data 1	Discharge Temp.	°C	81.24
	Liquid Temp.	°C	54.74
	Suction Temp.	°C	10.61
	Discharge Pressure	[psi]	341.76
	Liquid Pressure	[psi]	335.48
	Suction Pressure	[psi]	67.78
Compressor Data 2	Discharge Temp.	°C	80.26
	Liquid Temp.	°C	53.74
	Suction Temp.	°C	13.19
	Discharge Pressure	[psi]	367.74
	Liquid Pressure	[psi]	366.24
	Suction Pressure	[psi]	69.00

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	11.84
	Specific Heat	Btu/lbm·°F	1.009
	Density	lbm/ft^3	62.414
	water Flow Rate	ft^3/hr	584.86
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	55.59
	Enthalpy out	KJ/KG	43.660
	Air Flow Rate	ft^3/min	10256
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	245973
		KW	72.1
		TR	20.5
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	236824
		KW	69.4
		TR	19.7
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	5.53
	COP	w/w	1.62
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	4%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 70 kW Prototype (R-32) @T1 Condition

TEST Results				
Parameter		Unit	Reading	
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts	453.51
		S-T	Volts	454.20
		R-T	Volts	455.71
	Current	R	Amps	50.46
		S	Amps	48.12
		T	Amps	49.84
	Watts	R	KW	11.04
		S	KW	10.62
		T	KW	11.24
		Total KW	KW	32.90
	Power Factor		---	
Total Power Exclude pump & fan		KW		30.10
Frequency		Hz		60.49
COOLER	Water In		°C	9.87
	Water Out		°C	4.62
	Temperature Drop 1		°C	5.26
	Flow Rate		GPM	62.90
Air condition	Return Air Dry Bulb		°C	26.49
	Return Air Wet Bulb		°C	19.60
	Supply Air Dry Bulb		°C	14.25
	Supply Wet Bulb		°C	13.06
	Air Flow rate		CFM	8068
Condenser	Ambient		°C	35.22
Compressor Data 1	Discharge Temp.		°C	99.27
	Liquid Temp.		°C	45.23
	Suction Temp.		°C	11.48
	Discharge Pressure		[psi]	427.41
	Liquid Pressure		[psi]	421.68
	Suction Pressure		[psi]	104.60
Compressor Data 2	Discharge Temp.		°C	100.02
	Liquid Temp.		°C	44.11
	Suction Temp.		°C	12.73
	Discharge Pressure		[psi]	440.95
	Liquid Pressure		[psi]	434.95
	Suction Pressure		[psi]	100.67

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	7.24
	Specific Heat	Btu/lbm·°F	1.008
	Density	lbm/ft^3	62.438
	water Flow Rate	ft^3/hr	504.63
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	55.62
	Enthalpy out	KJ/KG	36.850
	Air Flow Rate	ft^3/min	8068
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	300394
		KW	88.0
		TR	25.0
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	293114
		KW	85.9
		TR	24.4
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	9.74
	COP	w/w	2.85
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	2%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 70 kW Prototype (R-32) @T3 Condition

TEST Results				
Parameter		Unit	Reading	
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts	452.34
		S-T	Volts	453.20
		R-T	Volts	454.63
	Current	R	Amps	58.69
		S	Amps	55.72
		T	Amps	58.08
	Watts	R	KW	13.07
		S	KW	12.55
		T	KW	13.35
		Total KW	KW	38.97
Power Factor		---		0.86
Total Power Exclude pump & fan			KW	36.17
Frequency			Hz	60.48
COOLER	Water In		°C	10.92
	Water Out		°C	6.32
	Temperature Drop 1		°C	4.60
	Flow Rate		GPM	62.80
Air condition	Return Air Dry Bulb		°C	28.61
	Return Air Wet Bulb		°C	19.13
	Supply Air Dry Bulb		°C	15.17
	Supply Wet Bulb		°C	13.52
	Air Flow rate		CFM	8068
Condenser	Ambient		°C	45.87
Compressor Data 1	Discharge Temp.		°C	120.56
	Liquid Temp.		°C	56.10
	Suction Temp.		°C	12.32
	Discharge Pressure		[psi]	551.61
	Liquid Pressure		[psi]	546.27
	Suction Pressure		[psi]	111.01
Compressor Data 2	Discharge Temp.		°C	119.90
	Liquid Temp.		°C	54.58
	Suction Temp.		°C	15.30
	Discharge Pressure		[psi]	557.59
	Liquid Pressure		[psi]	551.59
	Suction Pressure		[psi]	107.53

Unit Performance Calculations				
Parameter		Unit	READING	
Water Prop	Mean Temp.		°C	8.62
	Specific Heat		Btu/lbm·°F	1.008
	Density		lbm/ft^3	62.432
	water Flow Rate		ft^3/hr	503.83
Air Side	Enthalpy in		KJ/KG	54.31
	Enthalpy out		KJ/KG	38.040
	Air Flow Rate		ft^3/min	8068
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity		Btu/hr	262584
			KW	77.0
			TR	21.9
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity		Btu/hr	254074
			KW	74.5
			TR	21.2
Unit Eff.	UNIT EER		Btu/W.hr	7.02
	COP		w/w	2.06
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage		3%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590		4%

Test Results: 70 kW Prototype (R-32) @52°C Condition

TEST Results				
Parameter		Unit	Reading	
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts	450.93
		S-T	Volts	452.00
		R-T	Volts	453.08
	Current	R	Amps	65.67
		S	Amps	63.94
		T	Amps	66.46
	Watts	R	KW	14.88
		S	KW	14.52
		T	KW	15.12
		Total KW	KW	44.52
Power Factor		---		0.86
Total Power Exclude pump & fan		KW		41.72
Frequency		Hz		60.50
COOLER	Water In		°C	11.64
	Water Out		°C	7.44
	Temperature Drop 1		°C	4.20
	Flow Rate		GPM	62.60
Air condition	Return Air Dry Bulb		°C	29.19
	Return Air Wet Bulb		°C	19.42
	Supply Air Dry Bulb		°C	16.51
	Supply Wet Bulb		°C	14.45
	Air Flow rate		CFM	8068
Condenser	Ambient		°C	51.80
Compressor Data 1	Discharge Temp.		°C	126.40
	Liquid Temp.		°C	59.38
	Suction Temp.		°C	14.60
	Discharge Pressure		[psi]	595.49
	Liquid Pressure		[psi]	590.33
	Suction Pressure		[psi]	114.02
Compressor Data 2	Discharge Temp.		°C	125.17
	Liquid Temp.		°C	58.14
	Suction Temp.		°C	16.77
	Discharge Pressure		[psi]	602.08
	Liquid Pressure		[psi]	596.08
	Suction Pressure		[psi]	111.98

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	9.54
	Specific Heat	Btu/lbm·°F	1.008
	Density	lbm/ft^3	62.428
	water Flow Rate	ft^3/hr	502.23
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	55.25
	Enthalpy out	KJ/KG	40.500
	Air Flow Rate	ft^3/min	8068
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	239021
		KW	70.1
		TR	19.9
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	230338
		KW	67.5
		TR	19.2
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	5.52
	COP	w/w	1.62
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	4%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 70 kW Prototype (R-410A) @T1 Condition

TEST Results				
Parameter		Unit	Reading	
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts	453.48
		S-T	Volts	454.27
		R-T	Volts	456.10
	Current	R	Amps	49.79
		S	Amps	47.44
		T	Amps	49.37
	Watts	R	KW	10.85
		S	KW	10.46
		T	KW	11.11
		Total KW	KW	32.41
	Power Factor		---	0.84
Total Power Exclude pump & fan		KW	29.61	
Frequency		Hz	60.43	
COOLER	Water In		°C	10.41
	Water Out		°C	5.50
	Temperature Drop 1		°C	4.91
	Flow Rate		GPM	63.20
Air condition	Return Air Dry Bulb		°C	26.68
	Return Air Wet Bulb		°C	19.50
	Supply Air Dry Bulb		°C	14.78
	Supply Wet Bulb		°C	13.51
	Air Flow rate		CFM	8068
Condenser	Ambient		°C	35.53
Compressor Data 1	Discharge Temp.		°C	82.12
	Liquid Temp.		°C	41.82
	Suction Temp.		°C	10.19
	Discharge Pressure		[psi]	433.96
	Liquid Pressure		[psi]	425.77
Compressor Data 2	Suction Pressure		[psi]	106.13
	Discharge Temp.		°C	80.68
	Liquid Temp.		°C	43.33
	Suction Temp.		°C	11.73
	Discharge Pressure		[psi]	437.66
	Liquid Pressure		[psi]	431.56
Suction Pressure		[psi]	103.46	

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	7.96
	Specific Heat	Btu/lbm.°F	1.008
	Density	lbm/ft^3	62.435
	water Flow Rate	ft^3/hr	507.04
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	55.61
	Enthalpy out	KJ/KG	38.030
	Air Flow Rate	ft^3/min	8068
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	282038
		KW	82.7
		TR	23.5
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	274531
		KW	80.5
		TR	22.9
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	9.27
	COP	w/w	2.72
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	3%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 70 kW Prototype (R-410A) @T3 Condition

TEST Results				
Parameter		Unit	Reading	
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts	453.11
		S-T	Volts	453.94
		R-T	Volts	455.70
	Current	R	Amps	57.22
		S	Amps	54.32
		T	Amps	56.79
	Watts	R	KW	12.71
		S	KW	12.22
		T	KW	13.04
		Total KW	KW	37.97
Power Factor		---	0.86	
Total Power Exclude pump & fan		KW	35.17	
Frequency		Hz	60.45	
COOLER	Water In		°C	11.92
	Water Out		°C	7.49
	Temperature Drop 1		°C	4.43
	Flow Rate		GPM	62.80
Air condition	Return Air Dry Bulb		°C	29.05
	Return Air Wet Bulb		°C	19.24
	Supply Air Dry Bulb		°C	15.73
	Supply Wet Bulb		°C	13.89
	Air Flow rate		CFM	8068
Condenser	Ambient		°C	46.49
Compressor Data 1	Discharge Temp.		°C	99.08
	Liquid Temp.		°C	53.25
	Suction Temp.		°C	13.02
	Discharge Pressure		[psi]	556.60
	Liquid Pressure		[psi]	549.79
Compressor Data 2	Suction Pressure		[psi]	113.13
	Discharge Temp.		°C	97.21
	Liquid Temp.		°C	53.82
	Suction Temp.		°C	15.03
	Discharge Pressure		[psi]	551.21
Liquid Pressure		[psi]	545.21	
Suction Pressure		[psi]	109.28	

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	9.70
	Specific Heat	Btu/lbm.°F	1.008
	Density	lbm/ft^3	62.427
	water Flow Rate	ft^3/hr	503.83
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	54.66
	Enthalpy out	KJ/KG	39.020
	Air Flow Rate	ft^3/min	8068
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	252808
		KW	74.1
		TR	21.1
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	244236
		KW	71.6
		TR	20.4
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	6.94
	COP	w/w	2.04
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	3%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 70 kW Prototype (R-410A) @52°C Condition

TEST Results					
Parameter		Unit	Reading		
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts	453.72	
		S-T	Volts	454.68	
		R-T	Volts	456.08	
	Current	R	Amps	61.51	
		S	Amps	58.40	
		T	Amps	61.05	
	Watts	R	KW	13.78	
		S	KW	13.25	
		T	KW	14.12	
		Total KW	KW	41.15	
	Power Factor		---	0.87	
	Total Power Exclude pump & fan		KW	38.35	
Frequency		Hz	60.49		
COOLER	Water In		°C	14.71	
	Water Out		°C	10.93	
	Temperature Drop 1		°C	3.78	
	Flow Rate		GPM	62.70	
Air condition	Return Air Dry Bulb		°C	29.42	
	Return Air Wet Bulb		°C	19.02	
	Supply Air Dry Bulb		°C	18.66	
	Supply Wet Bulb		°C	14.52	
	Air Flow rate		CFM	8068	
Condenser	Ambient		°C	51.53	
Compressor Data 1	Discharge Temp.		°C	106.99	
	Liquid Temp.		°C	60.66	
	Suction Temp.		°C	21.52	
	Discharge Pressure		[psi]	607.20	
	Liquid Pressure		[psi]	599.55	
Compressor Data 2	Suction Pressure		[psi]	121.60	
	Discharge Temp.		°C	105.13	
	Liquid Temp.		°C	60.04	
	Suction Temp.		°C	19.31	
	Discharge Pressure		[psi]	609.40	
Liquid Pressure		[psi]	603.40		
Suction Pressure		[psi]	118.00		

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	12.82
	Specific Heat	Btu/lbm.°F	1.009
	Density	lbm/ft^3	62.406
	water Flow Rate	ft^3/hr	503.03
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	53.92
	Enthalpy out	KJ/KG	40.670
	Air Flow Rate	ft^3/min	8068
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	215592
		KW	63.2
		TR	18.0
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	206914
		KW	60.6
		TR	17.2
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	5.40
	COP	w/w	1.58
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	4%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 70 kW Prototype (R-290) @T1 Condition

TEST Results			
Parameter		Unit	Reading
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts 454.74
		S-T	Volts 455.01
		R-T	Volts 457.20
	Current	R	Amps 47.37
		S	Amps 48.60
		T	Amps 47.95
	Watts	R	KW 9.97
		S	KW 10.22
		T	KW 9.92
		Total KW	KW 30.12
Power Factor		---	0.80
Total Power Exclude pump & fan		KW	27.32
Frequency		Hz	60.49
COOLER	Water In	°C	11.63
	Water Out	°C	6.86
	Temperature Drop 1	°C	4.77
	Flow Rate	GPM	62.10
Air condition	Return Air Dry Bulb	°C	27.31
	Return Air Wet Bulb	°C	19.50
	Supply Air Dry Bulb	°C	15.02
	Supply Wet Bulb	°C	13.85
	Air Flow rate	CFM	8085
Condenser	Ambient	°C	35.56
Compressor Data 1	Discharge Temp.	°C	67.71
	Liquid Temp.	°C	40.63
	Suction Temp.	°C	15.76
	Discharge Pressure	[psi]	244.23
	Liquid Pressure	[psi]	236.60
Compressor Data 2	Suction Pressure	[psi]	56.83
	Discharge Temp.	°C	65.42
	Liquid Temp.	°C	44.40
	Suction Temp.	°C	11.55
	Discharge Pressure	[psi]	222.11
	Liquid Pressure	[psi]	213.44
	Suction Pressure	[psi]	50.49

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	9.24
	Specific Heat	Btu/lbm·°F	1.008
	Density	lbm/ft^3	62.429
	water Flow Rate	ft^3/hr	498.22
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	55.60
	Enthalpy out	KJ/KG	38.930
	Air Flow Rate	ft^3/min	8085
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	269448
		KW	79.0
		TR	22.5
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	260869
		KW	76.5
		TR	21.7
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	9.55
	COP	w/w	2.80
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	3%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 70 kW Prototype (R-290) @T3 Condition

TEST Results			
Parameter		Unit	Reading
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts 454.32
		S-T	Volts 454.74
		R-T	Volts 456.76
	Current	R	Amps 49.67
		S	Amps 51.15
		T	Amps 50.32
	Watts	R	KW 10.62
		S	KW 10.92
		T	KW 10.56
		Total KW	KW 32.10
Power Factor		---	0.81
Total Power Exclude pump & fan		KW	29.30
Frequency		Hz	60.47
COOLER	Water In	°C	12.85
	Water Out	°C	8.96
	Temperature Drop 1	°C	3.89
	Flow Rate	GPM	62.10
Air condition	Return Air Dry Bulb	°C	29.16
	Return Air Wet Bulb	°C	19.77
	Supply Air Dry Bulb	°C	16.13
	Supply Wet Bulb	°C	15.31
	Air Flow rate	CFM	8085
Condenser	Ambient	°C	46.04
Compressor Data 1	Discharge Temp.	°C	76.31
	Liquid Temp.	°C	48.40
	Suction Temp.	°C	18.28
	Discharge Pressure	[psi]	286.08
	Liquid Pressure	[psi]	279.37
	Suction Pressure	[psi]	60.23
Compressor Data 2	Discharge Temp.	°C	75.40
	Liquid Temp.	°C	52.47
	Suction Temp.	°C	13.60
	Discharge Pressure	[psi]	282.87
	Liquid Pressure	[psi]	275.00
	Suction Pressure	[psi]	58.84

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	10.91
	Specific Heat	Btu/lbm·°F	1.009
	Density	lbm/ft^3	62.420
	water Flow Rate	ft^3/hr	498.22
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	56.44
	Enthalpy out	KJ/KG	42.960
	Air Flow Rate	ft^3/min	8085
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	219661
		KW	64.4
		TR	18.3
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	210949
		KW	61.8
		TR	17.6
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	7.20
	COP	w/w	2.11
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	4%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 70 kW Prototype (R-290) @52°C Condition

TEST Results				
Parameter		Unit	Reading	
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts	453.97
		S-T	Volts	454.18
		R-T	Volts	456.43
	Current	R	Amps	50.93
		S	Amps	52.44
		T	Amps	51.57
	Watts	R	KW	10.96
		S	KW	11.26
		T	KW	10.89
		Total KW	KW	33.11
	Power Factor		---	
Total Power Exclude pump & fan		KW		30.31
Frequency		Hz		60.49
COOLER	Water In		°C	13.01
	Water Out		°C	10.20
	Temperature Drop 1		°C	2.81
	Flow Rate		GPM	62.30
Air condition	Return Air Dry Bulb		°C	29.24
	Return Air Wet Bulb		°C	19.58
	Supply Air Dry Bulb		°C	17.06
	Supply Wet Bulb		°C	16.39
	Air Flow rate		CFM	8085
Condenser	Ambient		°C	51.68
Compressor Data 1	Discharge Temp.		°C	80.83
	Liquid Temp.		°C	53.24
	Suction Temp.		°C	19.80
	Discharge Pressure		[psi]	334.11
	Liquid Pressure		[psi]	327.98
	Suction Pressure		[psi]	62.66
Compressor Data 2	Discharge Temp.		°C	80.10
	Liquid Temp.		°C	57.17
	Suction Temp.		°C	15.06
	Discharge Pressure		[psi]	327.32
	Liquid Pressure		[psi]	319.75
	Suction Pressure		[psi]	60.31

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	11.61
	Specific Heat	Btu/lbm·°F	1.009
	Density	lbm/ft^3	62.415
	water Flow Rate	ft^3/hr	499.82
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	55.79
	Enthalpy out	KJ/KG	46.080
	Air Flow Rate	ft^3/min	8085
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	159207
		KW	46.7
		TR	13.3
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	151952
		KW	44.5
		TR	12.7
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	5.01
	COP	w/w	1.47
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	5%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	5%

Test Results: 40 kW Prototype (R-32) @T1 Condition

TEST Results			
Parameter		Unit	Reading
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts 454.31
		S-T	Volts 454.64
		R-T	Volts 457.21
	Current	R	Amps 26.89
		S	Amps 28.17
		T	Amps 27.29
	Watts	R	KW 6.18
		S	KW 6.43
		T	KW 6.10
		Total KW	KW 18.71
Power Factor		---	0.86
Total Power Exclude pump & fan		KW	16.41
Frequency		Hz	60.48
COOLER	Water In	°C	14.71
	Water Out	°C	10.17
	Temperature Drop 1	°C	4.54
	Flow Rate	GPM	39.90
Air condition	Return Air Dry Bulb	°C	26.22
	Return Air Wet Bulb	°C	19.40
	Supply Air Dry Bulb	°C	15.90
	Supply Wet Bulb	°C	14.60
	Air Flow rate	CFM	5900
Condenser	Ambient	°C	35.24
Compressor Data	Discharge Temp.	°C	100.63
	Liquid Temp.	°C	47.48
	Suction Temp.	°C	11.29
	Discharge Pressure	[psi]	492.93
	Liquid Pressure	[psi]	489.31
	Suction Pressure	[psi]	126.38

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	12.44
	Specific Heat	Btu/lbm·°F	1.009
	Density	lbm/ft^3	62.409
	water Flow Rate	ft^3/hr	320.11
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	55.30
	Enthalpy out	KJ/KG	40.960
	Air Flow Rate	ft^3/min	5900
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	164766
		KW	48.3
		TR	13.7
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	163760
		KW	48.0
		TR	13.6
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	9.98
	COP	w/w	2.93
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	1%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 40 kW Prototype (R-32) @T3 Condition

TEST Results			
Parameter		Unit	Reading
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts 455.49
		S-T	Volts 455.93
		R-T	Volts 458.14
	Current	R	Amps 33.25
		S	Amps 35.20
		T	Amps 33.79
	Watts	R	KW 7.82
		S	KW 8.21
		T	KW 7.70
		Total KW	KW 23.72
Power Factor		---	0.88
Total Power Exclude pump & fan		KW	21.42
Frequency		Hz	60.51
COOLER	Water In	°C	16.09
	Water Out	°C	11.81
	Temperature Drop 1	°C	4.28
	Flow Rate	GPM	39.70
Air condition	Return Air Dry Bulb	°C	29.42
	Return Air Wet Bulb	°C	19.49
	Supply Air Dry Bulb	°C	17.20
	Supply Wet Bulb	°C	15.09
	Air Flow rate	CFM	5900
Condenser	Ambient	°C	45.19
Compressor Data	Discharge Temp.	°C	119.92
	Liquid Temp.	°C	57.99
	Suction Temp.	°C	15.67
	Discharge Pressure	[psi]	628.25
	Liquid Pressure	[psi]	626.47
	Suction Pressure	[psi]	134.72

Unit Performance Calculations		
Parameter	Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C 13.95
	Specific Heat	Btu/lbm·°F 1.010
	Density	lbm/ft^3 62.397
	water Flow Rate	ft^3/hr 318.51
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG 55.48
	Enthalpy out	KJ/KG 42.300
	Air Flow Rate	ft^3/min 5900
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr 154747
		KW 45.4
		TR 12.9
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr 150513
		KW 44.1
		TR 12.5
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr 7.03
	COP	w/w 2.06
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage 3%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590 4%

Test Results: 40 kW Prototype (R-32) @52°C Condition

TEST Results			
Parameter		Unit	Reading
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts 455.43
		S-T	Volts 455.90
		R-T	Volts 458.06
	Current	R	Amps 36.41
		S	Amps 36.77
		T	Amps 35.65
	Watts	R	KW 8.42
		S	KW 8.52
		T	KW 8.30
		Total KW	KW 25.24
Power Factor		---	0.88
Total Power Exclude pump & fan		KW	22.94
Frequency		Hz	60.51
COOLER	Water In	°C	16.91
	Water Out	°C	13.42
	Temperature Drop 1	°C	3.49
	Flow Rate	GPM	39.80
Air condition	Return Air Dry Bulb	°C	29.49
	Return Air Wet Bulb	°C	19.07
	Supply Air Dry Bulb	°C	18.16
	Supply Wet Bulb	°C	15.51
	Air Flow rate	CFM	5900
Condenser	Ambient	°C	51.90
Compressor Data	Discharge Temp.	°C	126.40
	Liquid Temp.	°C	63.10
	Suction Temp.	°C	16.10
	Discharge Pressure	[psi]	635.10
	Liquid Pressure	[psi]	632.20
	Suction Pressure	[psi]	142.40

Unit Performance Calculations		
Parameter	Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C 15.17
	Specific Heat	Btu/lbm·°F 1.010
	Density	lbm/ft^3 62.386
	water Flow Rate	ft^3/hr 319.31
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG 54.09
	Enthalpy out	KJ/KG 43.480
	Air Flow Rate	ft^3/min 5900
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr 126422
		KW 37.1
		TR 10.5
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr 121164
		KW 35.5
		TR 10.1
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr 5.28
	COP	w/w 1.55
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage 4%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590 4%

Test Results: 40 kW Prototype (R-410A) @T1 Condition

TEST Results			
Parameter		Unit	Reading
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts 454.94
		S-T	Volts 455.19
		R-T	Volts 457.85
	Current	R	Amps 25.62
		S	Amps 26.78
		T	Amps 25.96
	Watts	R	KW 5.85
		S	KW 6.06
		T	KW 5.76
	Total KW		KW
Power Factor		---	0.86
Total Power Exclude pump & fan		KW	15.37
Frequency		Hz	60.46
COOLER	Water In	°C	14.32
	Water Out	°C	10.18
	Temperature Drop 1	°C	4.14
Flow Rate		GPM	40.10
Air condition	Return Air Dry Bulb	°C	26.44
	Return Air Wet Bulb	°C	19.47
	Supply Air Dry Bulb	°C	16.50
	Supply Wet Bulb	°C	15.10
	Air Flow rate	CFM	5900
Condenser	Ambient	°C	35.56
Compressor Data	Discharge Temp.	°C	83.36
	Liquid Temp.	°C	47.93
	Suction Temp.	°C	14.27
	Discharge Pressure	[psi]	474.30
	Liquid Pressure	[psi]	470.11
Suction Pressure		[psi]	124.16

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	12.25
	Specific Heat	Btu/lbm·°F	1.009
	Density	lbm/ft^3	62.411
	water Flow Rate	ft^3/hr	321.71
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	55.52
	Enthalpy out	KJ/KG	42.500
	Air Flow Rate	ft^3/min	5900
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	150997
		KW	44.3
		TR	12.6
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	148686
		KW	43.6
		TR	12.4
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	9.67
	COP	w/w	2.83
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	2%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 40 kW Prototype (R-410A) @T3 Condition

TEST Results			
Parameter		Unit	Reading
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts 454.61
		S-T	Volts 455.00
		R-T	Volts 457.51
	Current	R	Amps 29.46
		S	Amps 30.96
		T	Amps 29.91
	Watts	R	KW 6.85
		S	KW 7.15
		T	KW 6.76
		Total KW	KW 20.75
Power Factor		---	0.87
Total Power Exclude pump & fan		KW	18.45
Frequency		Hz	60.48
COOLER	Water In	°C	16.96
	Water Out	°C	13.59
	Temperature Drop 1	°C	3.37
	Flow Rate	GPM	39.90
Air condition	Return Air Dry Bulb	°C	28.92
	Return Air Wet Bulb	°C	19.32
	Supply Air Dry Bulb	°C	19.28
	Supply Wet Bulb	°C	15.86
	Air Flow rate	CFM	5900
Condenser	Ambient	°C	46.16
Compressor Data	Discharge Temp.	°C	100.66
	Liquid Temp.	°C	57.25
	Suction Temp.	°C	18.50
	Discharge Pressure	[psi]	589.98
	Liquid Pressure	[psi]	586.74
	Suction Pressure	[psi]	128.13

Unit Performance Calculations		
Parameter	Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C 15.28
	Specific Heat	Btu/lbm·°F 1.010
	Density	lbm/ft^3 62.385
	water Flow Rate	ft^3/hr 320.11
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG 54.93
	Enthalpy out	KJ/KG 44.460
	Air Flow Rate	ft^3/min 5900
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr 122386
		KW 35.9
		TR 10.2
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr 119565
		KW 35.0
		TR 10.0
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr 6.48
	COP	w/w 1.90
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage 2%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590 4%

Test Results: 40 kW Prototype (R-410A) @52°C Condition

TEST Results			
Parameter		Unit	Reading
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts 455.99
		S-T	Volts 456.58
		R-T	Volts 458.73
	Current	R	Amps 30.08
		S	Amps 31.72
		T	Amps 30.56
	Watts	R	KW 7.02
		S	KW 7.35
		T	KW 6.92
		Total KW	KW 21.29
Power Factor		---	0.87
Total Power Exclude pump & fan		KW	18.99
Frequency		Hz	60.50
COOLER	Water In	°C	17.42
	Water Out	°C	14.48
	Temperature Drop 1	°C	2.94
	Flow Rate	GPM	39.80
Air condition	Return Air Dry Bulb	°C	29.14
	Return Air Wet Bulb	°C	19.16
	Supply Air Dry Bulb	°C	20.08
	Supply Wet Bulb	°C	16.21
	Air Flow rate	CFM	5900
Condenser	Ambient	°C	51.90
Compressor Data	Discharge Temp.	°C	103.74
	Liquid Temp.	°C	58.78
	Suction Temp.	°C	19.38
	Discharge Pressure	[psi]	606.45
	Liquid Pressure	[psi]	604.02
	Suction Pressure	[psi]	134.49

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	15.95
	Specific Heat	Btu/lbm·°F	1.011
	Density	lbm/ft^3	62.379
	water Flow Rate	ft^3/hr	319.31
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	54.40
	Enthalpy out	KJ/KG	45.460
	Air Flow Rate	ft^3/min	5900
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	106522
		KW	31.2
		TR	8.9
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	102093
		KW	29.9
		TR	8.5
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	5.38
	COP	w/w	1.58
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	4%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 40 kW Prototype (R-290) @T1 Condition

TEST Results			
Parameter		Unit	Reading
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts 454.85
		S-T	Volts 455.10
		R-T	Volts 457.35
	Current	R	Amps 26.84
		S	Amps 27.55
		T	Amps 27.18
	Watts	R	KW 5.72
		S	KW 5.87
		T	KW 5.70
		Total KW	KW 17.29
Power Factor		---	0.81
Total Power Exclude pump & fan		KW	14.99
Frequency		Hz	60.48
COOLER	Water In	°C	14.64
	Water Out	°C	10.50
	Temperature Drop 1	°C	4.14
	Flow Rate	GPM	39.70
Air condition	Return Air Dry Bulb	°C	26.47
	Return Air Wet Bulb	°C	18.95
	Supply Air Dry Bulb	°C	15.66
	Supply Wet Bulb	°C	14.66
	Air Flow rate	CFM	6008
Condenser	Ambient	°C	35.44
Compressor Data	Discharge Temp.	°C	78.36
	Liquid Temp.	°C	42.21
	Suction Temp.	°C	13.90
	Discharge Pressure	[psi]	289.01
	Liquid Pressure	[psi]	286.76
	Suction Pressure	[psi]	62.87

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	12.57
	Specific Heat	Btu/lbm·°F	1.009
	Density	lbm/ft^3	62.408
	water Flow Rate	ft^3/hr	318.51
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	53.79
	Enthalpy out	KJ/KG	41.140
	Air Flow Rate	ft^3/min	6008
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	149645
		KW	43.9
		TR	12.5
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	147105
		KW	43.1
		TR	12.3
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	9.82
	COP	w/w	2.88
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	2%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 40 kW Prototype (R-290) @T3 Condition

TEST Results			
Parameter		Unit	Reading
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts 455.44
		S-T	Volts 455.54
		R-T	Volts 457.93
	Current	R	Amps 29.77
		S	Amps 30.48
		T	Amps 30.23
	Watts	R	KW 6.45
		S	KW 6.63
		T	KW 6.47
		Total KW	KW 19.55
Power Factor		---	0.82
Total Power Exclude pump & fan		KW	17.25
Frequency		Hz	60.48
COOLER	Water In	°C	16.96
	Water Out	°C	13.64
	Temperature Drop 1	°C	3.32
	Flow Rate	GPM	39.70
Air condition	Return Air Dry Bulb	°C	29.28
	Return Air Wet Bulb	°C	18.99
	Supply Air Dry Bulb	°C	18.17
	Supply Wet Bulb	°C	15.65
	Air Flow rate	CFM	6008
Condenser	Ambient	°C	45.06
Compressor Data	Discharge Temp.	°C	89.97
	Liquid Temp.	°C	54.49
	Suction Temp.	°C	18.18
	Discharge Pressure	[psi]	364.19
	Liquid Pressure	[psi]	363.75
	Suction Pressure	[psi]	71.22

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	15.30
	Specific Heat	Btu/lbm·°F	1.010
	Density	lbm/ft^3	62.385
	water Flow Rate	ft^3/hr	318.51
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	53.83
	Enthalpy out	KJ/KG	43.880
	Air Flow Rate	ft^3/min	6008
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	119966
		KW	35.2
		TR	10.0
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	115707
		KW	33.9
		TR	9.6
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	6.71
	COP	w/w	1.97
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	4%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%

Test Results: 40 kW Prototype (R-290) @52°C Condition

TEST Results			
Parameter		Unit	Reading
Electrical Data	Voltage	R-S	Volts 455.23
		S-T	Volts 455.36
		R-T	Volts 457.73
	Current	R	Amps 33.83
		S	Amps 34.05
		T	Amps 33.43
	Watts	R	KW 7.38
		S	KW 7.43
		T	KW 7.33
		Total KW	KW 22.14
Power Factor		---	0.83
Total Power Exclude pump & fan		KW	19.84
Frequency		Hz	60.49
COOLER	Water In	°C	17.68
	Water Out	°C	14.74
	Temperature Drop 1	°C	2.94
	Flow Rate	GPM	39.80
Air condition	Return Air Dry Bulb	°C	29.43
	Return Air Wet Bulb	°C	19.10
	Supply Air Dry Bulb	°C	19.23
	Supply Wet Bulb	°C	16.20
	Air Flow rate	CFM	6008
Condenser	Ambient	°C	52.10
Compressor Data	Discharge Temp.	°C	94.90
	Liquid Temp.	°C	59.21
	Suction Temp.	°C	20.37
	Discharge Pressure	[psi]	404.13
	Liquid Pressure	[psi]	401.00
	Suction Pressure	[psi]	74.77

Unit Performance Calculations			
Parameter		Unit	READING
Water Prop	Mean Temp.	°C	16.21
	Specific Heat	Btu/lbm·°F	1.011
	Density	lbm/ft^3	62.376
	water Flow Rate	ft^3/hr	319.31
Air Side	Enthalpy in	KJ/KG	54.19
	Enthalpy out	KJ/KG	45.450
	Air Flow Rate	ft^3/min	6008
Water Capacity & EER	Water Side Cooling Capacity	Btu/hr	106385
		KW	31.2
		TR	8.9
Air Capacity & EER	Air Side Cooling Capacity	Btu/hr	101636
		KW	29.8
		TR	8.5
Unit Eff.	UNIT EER	Btu/W.hr	5.12
	COP	w/w	1.50
Energy Balance	Heat Balance	Energy Balance Different Percentage	4%
		Allowable tolerance as AHRI 550/590	4%



**Annex V**

**DEMONSTRATION PROJECT AT FOAM SYSTEM HOUSES IN THAILAND TO  
FORMULATE PRE-BLENDED POLYOL FOR SPRAY POLYURETHANE FOAM APPLICATIONS  
USING LOW-GWP BLOWING AGENTS**

WORLD BANK REPORT  
SUBMITTED ON BEHALF OF THE ROYAL GOVERNMENT OF THAILAND

April 22, 2019

## Introduction

1. The demonstration project at two foam system houses to formulate pre-blended polyol for spray polyurethane (PU) foam applications using low-global warming potential (GWP) blowing agent was submitted by the World Bank on behalf of the Royal Thai Government to the 75<sup>th</sup> meeting of the Executive Committee (ExCom) and resubmitted for the ExCom's approval at the 76<sup>th</sup> meeting. At the 76<sup>th</sup> meeting, the ExCom approved the project at a total cost of US \$355,905.

2. The project was prepared consistent with the decision of the Meeting of the Parties (Dec. XIX/6) whereby there was a concern of the availability of validated cost effective and environmentally sound technologies to phase out HCFC-141b in the different foam applications in Article 5 countries.

3. The PU foam sector in Thailand comprises of 215 enterprises using 1,723 metric tons (MT) of HCFC-141b, in the manufacturing of rigid PU foam, including spray foam applications. Stage I of the HCFC Phase-out Management Plan (HPMP) of Thailand addressed 1,517 MT of HCFC-141b using in all PU foam applications, excluding consumption in the spray foam sub-sector due to the absence of low-GWP alternatives for this sub-sector. According to Stage II HPMP, the current HCFC-141b consumption in the spray foam sub-sector reduces from 349.1 MT in 2010 to 286.65 MT in 2017. The total HCFC-141b consumption is distributed among 102 spray foam enterprises of which, 71 enterprises were established prior to September 2007. Existing spray foam companies and their consumption is shown in Table 1.

Table 1: Summary of Spray Foam Companies and their Average HCFC-141b Consumption

	No. of Companies	No. of Eligible Companies	Total HCFC-141b Consumption
Companies consume more than 10 MT	5	5	216.34
Companies consume more than 2 but less than 10 MT	10	8	52.41
Companies consume less than 2 MT	87	58	17.90
<b>Total</b>	<b>102</b>	<b>71</b>	<b>286.65</b>

4. The Stage II HPMP including funding for phasing out HCFC-141b in the spray foam was approved at the 82<sup>nd</sup> ExCom Meeting. The total funding provided for the spray foam sector, which is the only PU foam applications using HCFC-141b in Thailand, under the Stage II HPMP is US \$1,732,597 to be released to Thailand from 2018 – 2022.

## Background

5. For developing countries, the proven technical options to replace HCFC-141b as a blowing agent for PU rigid foam are mainly limited to high GWP HFCs as HFC-245fa or HFC-365mfc/HFC-227ea blend, which have GWP values of 1030 and 965, respectively (100 years ITH, IPCC 4th Assessment Report 2008). Recent publications show promising results with the new unsaturated HFC/HCFC blowing agents, commonly known as HFOs, that exhibit GWP values lower than 10 (Bodgan, 2011; Costa, 2011). These options present themselves as viable alternatives not only their low GWP but also their better safety performance in comparison with hydrocarbon technology. Flammability is the critical barrier to the spray foam applications where most foam applicators are small and medium scale enterprise and the nature of the applications where significant leakage of blowing agents make hydrocarbon unacceptable.

6. The project was designed to evaluate two HFO molecules as co-blowing agents with CO<sub>2</sub> generated from the water-isocyanate reaction: HFO-1336mzz(Z) and HFO-1233zd(E) as per the project proposal that was approved by the ExCom. Figures 1 and 2 show the chemical formulas of the blowing agents evaluated in this project. The physical properties of the two HFO molecules are summarized in Table 2.

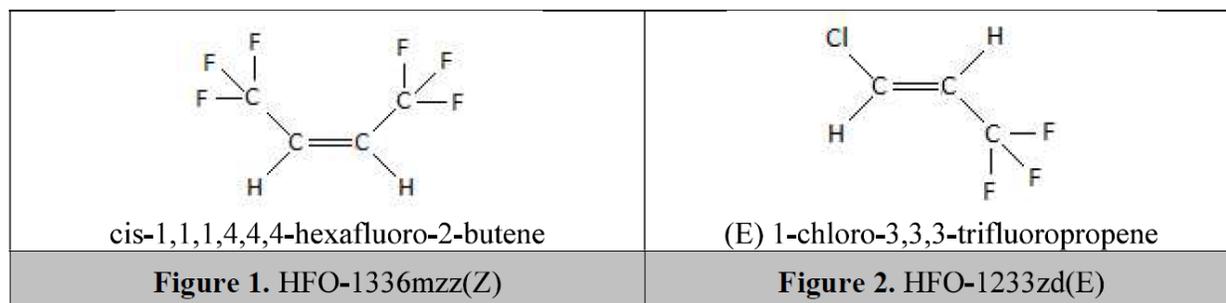


Table 2: Physical Properties of HCFC-141b and HFOs

Property	HCFC-141b	HFO-1336mzz(Z)	HFO-1233zd(E)
Suppliers	-	Chemours	Arkema
Boiling Point (°C)	32	33	19
Thermal Conductivity of Gas (Mw/m.K) at 25oC	9.5	10.7	10
ODP	0.11	0	0
GWP	782	2	1

### Project Objectives

- To strengthen the capacity of two local system houses to formulate, test and produce pre-blended polyol using HFOs (namely, HFO-1336mzz(Z) and HFO-1233zd(E)) for small and medium-sized enterprises (SMEs) in the PU spray foam sector;
- To validate and optimize the use of HFOs co-blown with CO<sub>2</sub> for spray foam applications to achieve a similar thermal performance to that of HCFC-141b with minimum incremental operating costs (to optimize the HFO ratio to 10 per cent);
- To prepare a cost analysis of the different HFO-reduced formulations versus HCFC-141b-based formulations; and
- To disseminate the results of the assessment to system houses in Thailand and other countries.

7. The approved demonstration project selected Bangkok Integrated Trading (BIT) and South City Petroleum, which are the two major suppliers of HCFC-141b pre-blended polyol to spray foam enterprises in Thailand. The two companies have different baseline technical capacities. BIT is a small-scaled system house with one chemist in its research team, while South City Petroleum is a much larger chemical company with a variety of products in addition to polyol systems. South City Petroleum has more than 4 chemists in their research and development team.

8. The project started on November 13, 2017 after the sub-grant agreements were signed by the enterprises and Government Savings Bank (GSB), the financial agent for the Multilateral Fund supported projects in Thailand. The implementation of the project was completed on December 15, 2018.

## Project Implementation

Table 3. Project Implementation Timeframe

Activities	Actual Date
Planning for system development and verification testing	December 2017
Specification of foaming equipment and site preparation	July 2018
Procurement and installation of equipment at the system houses	July 2018
Raw materials acquisition	September 2018
Trials/testing/analysis	December 2018
Report and Review meeting.	December 2018
Technology dissemination workshop	December 2018
End of formula development	Mid of December 2018
Project completion (External testing completion)	Mid of January 2019
Submission of PCR	February 2019

## Experimental

### Experimental Design

9. At the beginning of the project, an international expert on foam formulations visited the two companies and provided them with technical training on the theory of the PU foam technology, and the basic concept for conducting the experiments. However, the actual design and implementation of the experiment was the responsibility of each system house. Therefore, the actual research and development process was varied from one company to another depending on the baseline technical capacity and the final formulations could be different as they were designed to meet the need of the different groups of clients.

10. In general, the experiments were conducted in three stages. The first stage was to determine blend stability of different formulations. The second stage was to determine the lowest percentages of the blowing agents in the blended polyol that provide desirable reactivity including cream time, gel time, and tact-free time. Once these percentages were determined, additional tests were done to determine physical properties of the foam products. These physical properties were density, K-factor, compressive strength, and dimension stability. The properties of new formulations were compared with the baseline HCFC-141b formulations.

### Bangkok Integrated Trading

---

11. To determine the optimum percentage of the new blowing agents, reactivity tests were carried out for 5 different percentages by weight of blowing agent to polyol (i.e., 5%, 10%, 15%, 20% and 25%). Compositions of raw materials are shown in Tables 4 and 5.

**Table 4: Compositions of raw materials in HFO-1233zd(E) blended polyol formulation**

Percentage of Blowing Agent	5%	10%	15%	20%	25%
Polyol (kg)	18	18	18	18	18
Water (kg)	0.558	0.486	0.414	0.342	0.27
Blowing Agent: 1233zd(E) (kg)	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5

**Table 5: Compositions of raw materials in HFO-1336mzz(Z) blended polyol formulation**

Percentage of Blowing Agent	5%	10%	15%	20%	25%
Polyol (kg)	18	18	18	18	18
Water (kg)	0.63	0.54	0.45	0.36	0.27
Blowing Agent: 1336mzz(Z) (kg)	0.9	1.8	2.7	3.6	4.5

12. The detailed foam formulations for HFO-1233zd(E) and HFO-1336mzz(Z) developed by BIT for this demonstration project are summarized in Tables 6 and 7. Each formulation consisted of polyol, blowing agent, catalyst and additive, and isocyanate. For this demonstration project, BIT used a blend of sucrose-initiated polyol, Mannich-initiated polyol and polyester-initiated polyol. In addition, a combination of at least three catalysts were used to achieve desirable blowing, gelling and trimerization reactions. The test results provided initial indications on the optimal percentages of the blowing agents which did not severely affect the reactivity of the formulation. Once the optimal percentages were determined, further refinement of formulations were carried out to address other foam properties. The final percentage of the blowing agents may be slightly different from these initial tests.

**Table 6: Foam system formulation for various percentage of HFO-1233zd(E) blowing agent and cost impact**

Ingredients/HFO-1233zd(E)	5%	10%	15%	20%	25%	HCFC-141b
Blend of polyols, parts by weight	100	100	100	100	100	100
Catalyst package, parts by weight	5.30	5.30	5.30	5.30	5.30	5.44
HFO-1233zd(E), parts by weight	5.97	11.93	17.90	23.86	29.83	30.14
Iso/polyol index	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
HFO mole fraction in cell gas	0.18	0.34	0.47	0.59	0.70	0.85
HFO percent in foam, %	2.01	4.06	6.15	8.28	10.45	9.88
Cost of PU system, US\$/kg*	2.18	2.39	2.61	2.83	3.06	2.15
Reduction percent, %	79.64	58.85	37.70	16.15	-5.80	

\*Best estimates based on the initial formulations provided by the enterprise.

**Table 7: Foam system formulation for various percentage of HFO-1336mzz(Z) blowing agent and cost impact**

Ingredients/HFO-1336mzz(Z)	5%	10%	15%	20%	25%	HCFC-141b
Blend of polyols, parts by weight	100	100	100	100	100	100
Catalyst package, parts by weight	7.46	7.46	7.46	7.46	7.46	5.44

HFO-1336mzz(Z), parts by weight	6.33	12.65	18.98	25.30	31.63	30.14
Iso/polyol index	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15	1.15
HFO mole fraction in cell gas	0.14	0.27	0.40	0.52	0.65	0.85
HFO percent in foam, %	2.01	4.09	6.24	8.46	10.76	9.88
Cost of PU system, US\$/kg*	2.22	2.60	3.00	3.41	3.83	2.15
Reduction percent, %	79.64	58.60	36.85	14.34	-8.95	

\*Best estimates based on the initial formulations provided by the enterprise.

13. Reactivities of all the formulations shown in Tables 6 and 7 were conducted by using cup tests. The following parameters were measured: (i) cream time; (ii) gel time; (iii) tact-free time; and (iv) free-rise density. The results of these tests are shown in Table 8.

**Table 8: Results of Reactivity Tests for both blowing agents**

Blowing Agent	HFO-1233zd (E)					HFO-1336mzz (Z)				
	5%	10%	15%	20%	25%	5%	10%	15%	20%	25%
Cream time (sec)	4	4	4	4	4	5	5	5	5	5
Gel time (sec)	9	9	10	10	10	9	9	9	9	9
Tact-free-time (sec)	15	16	16	16	16	15	16	15	16	15
Free-rise Density (Kg/m <sup>3</sup> )	35.5	35.5	35.5	35.6	35.6	36.7	36.7	36.75	36.7	36.7

14. Based on the results of the reactivity tests, all foam formulations exhibited similar and acceptable cream time, gel time, tact-free-time and free-rise density for both HFO-1233zd(E) and HFO-1336mzz(Z). Additional tests on adhesion and foam shrinkage were conducted. The 5% formulations for both HFO-1233zd(E) and HFO-1336mzz(Z) provided poor performance on the adhesion and shrinkage. At the 10% level and higher, the HFO-1336mzz(Z) blown foam rendered acceptable adhesion performance, and shrinkage was found to be limited. Through the evaluation of foam adhesion and shrinkage, the final percentages of blowing agent of 13% and 10% were selected for HFO-1233zd(E) and HFO-1336mzz(Z) formulations, respectively.

**Table 9. Experimental Design**

Factors (Independent Variables)	Levels
	Bangkok Integrated Trading
Type of HFO	HFO-1336mzz(Z) HFO-1233zd(E)
Mole fraction of HFO into the gas cells (reduction percent of HFO compared to HCFC-141b formulation)	0.85 (0%) 0.35 (59%) HFO-1336mzz(Z) 0.45 (47%) HFO-1233zd(E)

15. BIT's baseline HCFC-141b foam formulation having 0.85 mole fraction in the gas cells was used as a reference standard. Three specimens for each blowing agents were produced. The objective of BIT is to reduce HFO in the formulation in order to maintain price competitiveness to the extent possible when comparing with HCFC-141b formulation. The 10% HFO-1336mzz(Z) formulation results in the reduction of the mole fraction of the blowing agent in the gas cells to 0.35, which is equivalent to 59% reduction compared to HCFC-141b. Similarly, the 13% HFO-1233zd(E) formulation reduces the mole fraction of the blowing agent in the gas cells to 0.45, which is equivalent to 47% reduction compared to HCFC-141b formulation.

16. The isocyanate/polyol index is 115/100 for HFO-1336mzz(Z) and 115/100 for HFO-1233zd(E). The gel time and the free rise density are kept constant for all the experiments.

### Responses and Test Methods

17. Table 10 summarizes the responses and associated test methods employed for determining the respective responses.

Table 10. Responses and Test Methods Employed by Bangkok Integrated Trading

<b>Table 8 Responses and Test Methods: Bangkok Integrated Trading</b>		
<b>Property</b>	<b>Test</b>	<b>Testing Laboratory</b>
Reactivity at machine	Visual	In-house
Density	ASTM D-1622	In-house
K-Factor	ASTM C-518	In-house
Compressive strength	ASTM D-1621	In-house
Adhesion strength	Metal Sheet and Roof Tile	In-house
Dimensional stability	ASTM D-2126	In-house
Aging (*)	K-Factor	ASTM C-518
	Compressive Strength	ASTM D-1621
Fire Performance	ASTM D-568-77, ASTM D-635-03	KMUTT

(\*) K-Factor and Compressive Strength: 2 weeks, 3 weeks, 1 month

### Preparation of Foam Samples

18. After blending the fully formulated polyol, the fully formulated polyol and isocyanate were applied by using a high-pressure machine GRACO Reactor H-VR sprayer (financed by the Project) at the conditions shown in Table 11. The final spray foam sheet was made by spraying the mixture of formulated polyol and isocyanate horizontally back-and-forth on a large cardboard paper at a rate of 3 – 4 passes per one inch of thickness. The final foam sheet has a thickness of 4 – 5 inches. Three foam sheets were made (one for each blowing agent: standard HCFC-141b; 13% HFO-1233zd(E) formulation; and 10% HFO-1336mzz(Z) formulation). All foam samples/specimens for different blowing agents were made from the respective foam sheets by cutting the sheets into a number of pieces with specific dimensions conforming with testing standards summarized in Table 10.

Table 11. Spray Foam Conditions

Spray machine	GRACO Reactor H-VR Sprayer
Spray gun	Air Purge Spray Gun
Percentage by weight of CO <sub>2</sub> , %	Not applicable
Ambient Temperature, °C	28° – 32°C
Relative Humidity, %	52% - 62%
Substrate Temperature, °C	40°C
Iso Temperature, °C	50°C
Polyol Temperature, °C	50°C
Primary Heater	Off

Hose length, m	15
Hose Temperature, °C	50°C
Static Pressure, psi	1,700
Dynamic Pressure, psi	1,700

### Stability of Polyol Blend

19. Polyol blended with HFO-1336mzz(Z) using regular catalysts demonstrates excellent stability. To achieve the same results with HFO-1233zd(E), special catalysts are required. Polyol with catalysts and additives were mixed and retained in test tubes from 1 – 3 weeks. All formulations showed good stability. There was no precipitation observed after three weeks. Table 12 summarizes the reaction times of the three different foam formulations.

Table 12. Reactivities of Baseline Foam Formulations and those with New Blowing Agents

<b>Blowing Agent</b>	<b>HCFC-141b</b>	<b>HFO-1233zd(E)</b>	<b>HFO-1336mzz(Z)</b>
Mole fraction in the gas cells	0.85	0.45	0.35
Weight of blowing agent in formulation (%)	9.88	4.32	5.43
Reduction by weight (%)	0	56.25	44.99
Cream time (sec)	4	4	5
Tack free time (sec)	14	16	16
Cream time (sec) after 1 week	4	4	5
Tack free time (sec) after 1 week	14	16	16

20. The stability tests on foam reactivity and physical properties such as dimensional stability, K-factor, and compressive strength were conducted and the results of three different blowing agent formulations are shown in Tables 13 - 15. It was found that reactivity times of new foam formulations (with 13% of HFO-1233zd(E)) are similar to reactivity times of HCFC-141b blown foam.

Table 13. Dimensional Stability

<b>Blowing Agent</b>	<b>HCFC-141b</b>	<b>HFO-1233zd(E)</b>	<b>HFO-1336mzz(Z)</b>
Foam density (kg/m <sup>3</sup> )	38.04	38.77	39.07
Dimension stability 70°C (%ΔV), 24 hrs	0.30	0.59	0.47
1 <sup>st</sup> week	0.40	0.68	0.58
2 <sup>nd</sup> week	0.46	0.73	0.63
Dimension stability -30°C (%ΔV), 24 hrs	-0.64	-0.57	-0.70
1 <sup>st</sup> week	-0.87	-0.77	-0.83
2 <sup>nd</sup> week	-0.90	-0.82	-0.92
Dimension stability 70°C+95% RH (%ΔV), 24 hrs	0.47	2.03	1.82
1 <sup>st</sup> week	0.71	2.06	1.86

2 <sup>nd</sup> week	0.94	2.13	2.02
----------------------	------	------	------

21. The density of the foam blown with HFO-1233zd(E) and HFO-1336mzz(Z) was slightly higher than the density of the HCFC-141b blown foam. The density increase was less than 3% in comparison with the HCFC-141b blown foam. Dimension stability of foam produced with new HFO formulation was comparable to HCFC-141b blown foam. After two weeks, the foam dimension changes were within 1 - 2% for the three testing conditions (-30°C, 70°C, and 70°C with high humidity level).

**Table 14. Comparison of K-Value of HCFC-141b with K-Factor of HFOs Blown Foam**

<b>Blowing Agent</b>	<b>HCFC-141b</b>	<b>HFO-1233zd(E)</b>	<b>HFO-1336mzz(Z)</b>
Initial K-Factor (mW/m.K)	21.40	24.20	26.10
2 <sup>nd</sup> week	22.00	24.90	27.00
3 <sup>rd</sup> week	22.40	25.40	27.30
4 <sup>th</sup> week	22.70	26.00	27.80

Note: The variance in densities of foam samples from unevenly spraying makes comparison a challenge.

22. The initial K-values of 13% HFO-1233zd(E) and 10% HFO-1336mzz(Z) blown foam were higher than the K-value of HCFC-141b blown foam. The increase is about 10% for the HFO-1233zd(E) formulation and about 20% for the HFO-1336mzz(Z) formulation). The insulation property gradually deteriorated over time. While the K-value of the HFO-1336mzz(Z) formulation was the highest; however, it showed a slower rate of increase after four weeks in comparison with the HFO-1233zd(E) formulation.

23. The 10% increase in the K-value was acceptable to BIT's spray foam customers. Hence, the HFO-1233zd(E) formulation was more desirable. To make the insulation performance of the HFO-1336mzz(Z) formulation comparable to the HFO-1233zd(E) formulation, BIT could have increased the amount of the blowing agent; however, such increase would result in a higher cost which was not desirable.

**Table 15. Compressive Strength**

<b>Blowing Agent</b>	<b>HCFC-141b</b>	<b>HFO-1233zd(E)</b>	<b>HFO-1336mzz(Z)</b>
Initial Compressive Strength (kPa)	184.80	188.20	190.59
2 <sup>nd</sup> week	185.97	187.38	189.34
3 <sup>rd</sup> week	183.94	188.75	191.49

Note: Compressive strength of test samples vary depending on quality of the foam cells which affects the compressive strength of the test samples.

24. The experiment showed that the compressive strength of spray foams produced by three different formulations were comparable and stable over the experiment period of three weeks.

## Fire Performance

**Table 16. Results of Fire Performance Tests Based on ASTM Standards**

<b>Blowing Agent</b>	<b>HCFC-141b</b>	<b>HFO-1233zd(E)</b>	<b>HFO-1336mzz(Z)</b>
ASTM D568-77	-	Extinguished	Extinguished
ASTM D635-03	-	Extinguished	Extinguished

Note: Tests were conducted at KMUTT

25. The foam specimens based on the two HFO formulations were subject to fire safety tests which were conducted by King Mongkut University of Technology Thonburi's (KMUTT) laboratory. The testing procedures of ASTM D568-77 and ASTM D635-03 were employed. The test results confirmed that HFO-1233zd(E) blown foam and HFO-1336mzz(Z) foam met the fire safety standards.

### Field Test

26. Two field tests were conducted at Bangkok Integrated Trading's facility. Two of its major customers were invited to witness the field test. The test simulates applying spray foam on the wall by spraying two new foam formulations against a metal sheet and roof tiles. Visual inspection and simple tests were conducted at the sites. Based on this set-up, the customers are satisfied with the basic properties of the spray foam made from both HFO-1233zd(E) and HFO-1336mzz(Z) formulations. These properties include cell size appearance, reaction time, adhesion and foam strength. The costs of the two formulations are similar. The customers preferred the spray foam made from HFO-1233zd(E) blowing agent due to its foam appearance.



**Fig. 3** Field Demonstration of HFO blown foam (HFO-1233zd(E)) at BIT



**Fig. 4** Field Demonstration of HFO blown foam (HFO-1336mzz(Z)) at BIT

### Incremental Capital Cost

27. The demonstration project as approved by the ExCom also provided financial supports to BIT to acquire one spray foam machine and thermal conductivity testing machine. These pieces of equipment were critical to the development of new foam formulations and for demonstration of the final products. As described in the project proposal, the enterprise anticipated that reduction of the blowing agent in the formulation would require additional water content in the polyol system and that consequently led to the increasing ratio of isocyanate and polyol (different foam index). Therefore, the spray foam machine with adjustable ratios of isocyanate and polyol was acquired by the project. To facilitate development and testing of new formulation, the thermal conductivity testing machine was provided.

28. The spray foam machine purchased by BIT was made by a Graco machine (Model: Reactor H-VR). The injection rates of isocyanate and polyol could be varied within the range from 1:1 to 2.5:1. The thermal conductivity tester purchased by BIT are Thermtest Model HFM-100. The approved funding levels for the spray foam machine and thermal conductivity tester were US \$40,000 and US \$5,000, respectively. The actual costs paid by BIT were US \$43,675 and US \$29,821, respectively. Detailed financial information will be provided in the Project Completion Report.

### Cost Effectiveness of BIT's HFO Based Formulations

29. Cost comparison and cost effectiveness of the two new foam formulations were calculated based on the chemical costs purchased by BIT. Table 17 was developed based on the following costs of the following chemicals: US \$3.20/kg of HCFC-141b; US \$16/kg of HFO-1233zd(E); and US \$22/kg of HFO-1336mzz(Z).

Table 17. Cost of Foam Production and Incremental Operating Cost of HFO Formulations

BIT	141b system			1233zd(E) system			1336mzz(Z) system		
	Parts	Unit Cost (US\$/kg)	Price	Parts	Unit Cost (US\$/kg)	Price	Parts	Unit Cost (US\$/kg)	Price
Polyol Blend	100.00	1.86	186.00	100.00	1.71	171.00	100.00	1.69	169.00
Additives & Catalysts	5.44	10.50	57.12	5.30	12.50	66.27	13.26	3.98	52.74
Other Additives	15.13	2.50	37.83	16.00	2.26	36.20	16.57	1.90	31.48
Blowing Agent	30.14	3.20	96.45	12.00	16.00	192.00	16.57	22.00	364.54
Sub-total	150.71		377.39	133.30		465.47	146.40		617.76
Isocyanate	154.48	1.80	278.06	144.41	1.80	259.94	158.60	1.80	285.48
Sub-total	154.48		278.06	144.41		259.94	158.60		285.48
Total	305.19		655.46	277.71		725.41	305.00		903.24
Price of foam (US\$/kg)	2.15			2.61			2.96		
IOC (US\$/kg 141b)				4.72			8.24		

30. While the cost of producing on kg of foam increased by 20% - 40% in comparison with the cost of the baseline foam produced with HCFC-141b. The incremental operating costs of the new HFO formulations were about US \$4.72 – US \$8.24/kg of HCFC-141b.

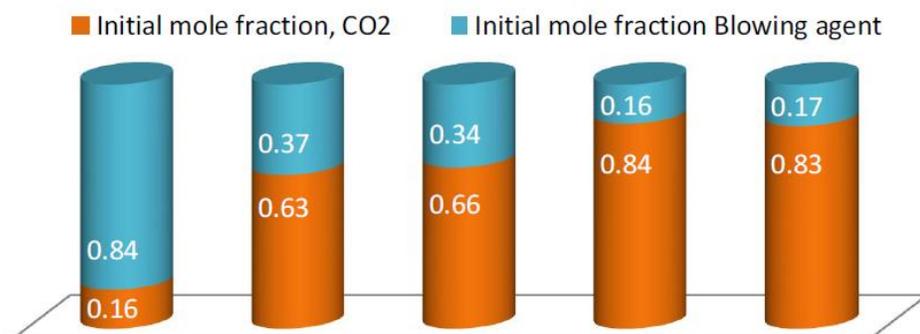
### South City Petroleum

31. Almost all spray foams in Thailand prefer to purchase polyol systems pre-mixed with a blowing agent. The objective is to replace HCFC-141b with HFO-1233zd(E) and HFO-1336mzz(Z) without significantly increasing the price of the pre-blended polyol since the spray foam market is extremely price sensitive. Because of this constraint, the company aims to develop new HFO formulations with the HFO content not exceeding 10% of the weight of the polyol without significantly compromising the foam performance. Reactivity tests were conducted for two different percentages of the blowing agents (both HFO-1233zd(E) and HFO-1336mzz(Z)) at 5% and 10% of the weight of the polyol. At the five percent of both blowing agents, the amount of the water content to compensate the lower amount of blowing agents exceeded 4.5% in the formulations. The higher water content demonstrates adverse effects on the foam stability. Hence, only the 10 percent blowing agent formulation was further developed. The isocyanate/polyol index of at least 120 was employed to reduce friability problems and increase the catalyst to enhance trimerization in order to improve flame retardant property and foam strength.

Table 18. Experimental Design

Factors	Levels		
Blowing Agent	% Usage in Blended Polyol	Mole Fraction in Gas Cell	% Reduction
HCFC-141b	30	0.84	
HFO-1336mzz(Z)	10	0.34	59.52
HFO-1233zd(E)	10	0.37	55.95
HFO-1336mzz(Z)	5	0.17	79.76
HFO-1233zd(E)	5	0.16	80.95

Type	HCFC-141b	HFO-1233zd(E)	HFO-1336mzz(Z)	HFO-1233zd(E)	HFO-1336mzz(Z)
	30%	10%		5%	
Initial mole fraction, CO <sub>2</sub>	0.16	0.63	0.66	0.64	0.83
Initial mole fraction, blowing agent	0.84	0.37	0.34	0.16	0.17



**Fig. 5** Initial mole fractions of two co-blowing agents



**Fig. 6** Cup tests for the two new HFO formulations

32. As mentioned above, the 5% HFO formulations contained more than 4.5% of water in the formulations. The high-water content could adversely affect chemical stability of polyester initiated polyols and some water-sensitive catalysts, which could result in formation of more opened cells, higher K factors and friability of the final foam products.

33. The characteristics of foam blown with 10% of HFO-1233zd(E) and HFO-1336mzz(Z) are summarized in Table 19. With 10% of the blowing agents, both formulations require an additional amount of water in order to maintain the free rise density at the same level as the HCFC-141b formulations.

Table 19. Characteristics of Foam with Alternative Blowing Agents

Type	HCFC-141b	HFO1233zd(E)	HFO-1336mzz(Z)
CO <sub>2</sub> moles/kg of polymer	0.23	0.63	0.68
Blowing agent moles/kg of polymer	1.24	0.36	0.34
Total gas moles/kg of polymer	1.47	0.99	1.02
Initial mole fraction, CO <sub>2</sub>	0.16	0.63	0.66
Initial mole fraction, Blowing agent	0.84	0.37	0.34
Blowing agent in foam (%)	12.66	4.49	5.28
Reduction percent (%)	-	64.56	58.29

### Preparation of Foam Samples

34. After blending the fully formulated polyol, the fully formulated polyol and isocyanate were applied by using a high-pressure machine GRACO Reactor H-VR sprayer (financed by the Project) at the conditions shown in Table 20.

Table 20. Spray Conditions

Spray Gun	Fusion AP
Injection pressure, psi	1200
Isocyanate temperature, °C	Room temperature
Polyol temperature, °C	40 - 45
Substrate (metal sheet and roof tile) temperature* °C	Room temperature (28°C)

\*Samples for adhesion tests

35. The final spray foam sheet was made by spraying the mixture of formulated polyol and isocyanate horizontally back-and-forth on a large cardboard paper at a rate of 3 – 4 passes per one inch of thickness. The final foam sheet has a thickness of 4 – 5 inches. Three foam sheets were made (one for each blowing agent: standard HCFC-141b; 10% HFO-1233zd(E) formulation; and 10% HFO-1336mzz(Z) formulation). All foam samples/specimens for different blowing agents were made from the respective foam sheets by cutting the sheets into several pieces with specific dimensions conforming with testing standards summarized in Table 21.

Table 21. Test Methods Employed by South City Petroleum

<b>Table X. Test Methods: South City Petroleum</b>			
<b>Property</b>	<b>Test</b>	<b>Testing Laboratory</b>	<b>Specimen Dimension</b>
<b>Reactivity at machine</b>	Visual		
<b>Density</b>	ASTM D-1622	In-house	10 cm * 10 cm * 10 cm
<b>K Factor</b>	ASTM C-518	HFM-100 Heat flow meter from Thermtest, Canada and Eko Japan	30 cm * 30 cm * 2.54 cm
<b>Compressive Strength</b>	ASTM D-1621	In-house	3 cm * 3 cm * 3 cm
<b>Adhesion Strength</b>	Hand Peeling	In-house	Roof tile and metal sheet
<b>Dimension Stability</b>	ASTM D-2126	In-house	10 cm * 10 cm * 10 cm
<b>Water Absorbent*</b>	Volume (%)	In-house	10 cm * 10 cm * 2.54 cm
<b>Aging*</b>	<b>K Factor</b>	ASTM C-518	HFM-100 Heat flow meter from Thermtest, Canada and Eko Japan
	<b>Compressive Strength</b>	ASTM D-1621	In-house
<b>Fire Performance</b>	UL94	National Metal and Materials Technology Center (MTEC)	1.3 cm * 12.5 cm * 1.3 cm
	ASTM D-568 and ASTM D-635	Institute for Scientific and Technological Research and Services (ISTRS), King Mongkut University of Technology Thonburi (KMUTT)	50 cm * 10 cm * 3 cm

\*K factor: 1 week and 1 month; compressive strength: initial and 1 month; and water absorbent: 2 hours and 24 hours.

## Stability of Polyol Blend

36. The stability of fully formulated polyol was evaluated by monitoring the hand-mixed reactivity in the laboratory. The results are summarized in Table 22.

Table 22. Stability of Polyol Blends

Blowing Agent	HCFC-141b	HFO-1233zd(E)			HFO-1336mzz(Z)		
Mole fraction in gas cells	0.84	0.37			0.34		
Weight percent of blowing agent in formulation (%)	30.00	10.00			10.00		
Mole fraction different percent (%)	-	55.95			59.52		
Chemical characteristics	initial	initial	2nd Week	4th Week	initial	2nd Week	4th Week
Cream time (sec)	3	4	4	4	4	4	4
Gel time (sec)	5	6	6	6	6	7	6
Track free time (sec)	8	7	7	7	7	8	7
End of rise (sec)	12	13	13	14	14	14	15
Cup density (kg/m <sup>3</sup> )	30.63	32.98	34.45	34.96	35.14	35.68	36.55
Upper cup density (kg/m <sup>3</sup> )	26.09	26.29	25.59	26.86	27.23	28.13	26.26

37. All samples were kept at the normal room temperature which is the industry practice for storing the raw materials. The results confirmed that reaction activities of both HFO formulations are quite stable. However, it was still advisable that the HFO-1233zd(E) pre-blended polyol be stored in air-conditioned room as the temperature of the storage rooms could become much higher in summer.

## Cell Structure Appearance

38. Cell structures of foams produced by different blowing agents are showed in Fig. X. The test results confirmed that foams produced by the three formulations (30% HCFC-141b; 10% HFO-1233zd(E); and 10% HFO-1336mzz(Z)) contained mostly spherical shapes resulting in higher compressive strength and good dimension stability. However, the test results also showed that due to a higher water level in the formulations, the foam structures contained more opened cells.

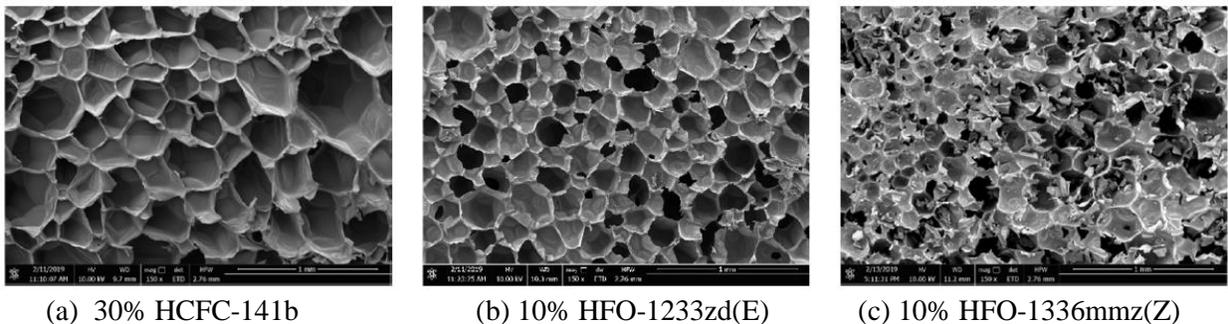


Fig. 7 Cell Structures of Foam Produced from Three Different Blowing Agents

## Compressive Strength

39. Comprehensive strength of foam produced with three different blowing agents: (i) 30% HCFC-141b formulation; (ii) 10% HFO-1233zd(E) formulation; and (iii) 10% HFO-1336mzz(Z) formulations was measured immediately after the production and one month later. For each formulation, separate sets of samples were tested for the initial compressive strength and the compressive strength after 1 month. Since the foam samples were made from larger foam sheets that were sprayed manually, the property of the foams may not be consistent, and it may affect the accuracy of the results.

Table 23. Compressive Strength (kPa)

Blowing Agent	HCFC-141b	HFO-1233zd(E)	HFO-1336mzz(Z)
Initial	194.00	256.00	206.00
1 month later	189.73	204.77	244.37

40. In spite of the above imperfection, the test results suggested that the new HFO formulations provided the final foam products with higher compressive strength than the foam products made with the HCFC-141b formulation. This improvement may be attributed to the use of different combinations of polyol types to compensate with the counter effect from the higher level of water in the formulations.

## Dimension Stability

41. The dimension stability tests were conducted at two different temperature levels at two different occasions. The first tests were undertaken one week after the foam samples were made, and the second tests were done another week later. At both temperature levels, the foam products made by the new formulations exhibited acceptable dimension stability. That is, the volumes of the samples changed less than 2% during the first two weeks after the samples were made. The results are shown in Table 24.

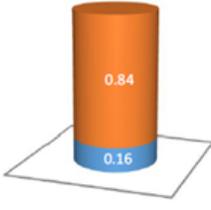
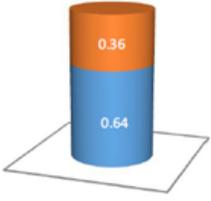
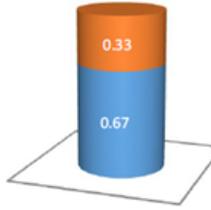
Table 24. Results of Dimension Stability Tests

Blowing Agent	HCFC-141b	HFO-1233zd(E)	HFO-1336mzz(Z)
Foam Density (kg/m <sup>3</sup> )	38.18	39.51	34.64
Dimension Stability at 70 °C (%ΔV)			
1st Week	1.96	0.43	-0.56
2nd Week	1.90	0.37	-0.71
Dimension Stability at -30 °C (%ΔV)			
1st Week	-0.34	-0.46	-0.48
2nd Week	-1.39	-0.46	-0.31

## K-Factor

42. The test results confirmed that the new HFO formulations had higher thermal conductivity than the HCFC-141b formulation. This was anticipated since the HFO formulations resulted in foam products with a higher mole fraction of CO<sub>2</sub> in the foam cells.

Table 25. K-Factors (mW/mK)\*

Blowing Agent	HCFC-141b		HFO-1233zd(E)		HFO-1336mzz(Z)	
Mole Fraction in Gas Cell						
 Blowing Agent						
 CO <sub>2</sub>						
						
Foam Density (kg/m <sup>3</sup> )	38.57	40.67	47.82	44.38	43.86	47.24
1 <sup>st</sup> Week	20.00	21.94	24.74	22.19	26.88	21.58
4 <sup>th</sup> Week	23.40	23.70	28.56	29.50	31.16	30.70

\*Upper temperature: 35°C; Lower temperature: 15°C; Mean temperature: 25°C

43. Because of the expected ununiform foam structure due to the manual spray operations, two samples were used for each test condition. The variance densities of the foam samples were the outcome of the unevenly spraying process.

44. In general, it was still reasonable to draw a conclusion that the foam products manufactured from the two HFO formulations had higher thermal conductivity than those produced with the HCFC-141b formulations. This was the direct implication of having a higher mole fraction of CO<sub>2</sub> in the gas cells. However, the increase was slightly higher, which was around 21.58 – 26.88 mW/mK, when the foam products were kept at the room conditions for one week. This range was acceptable to the industry. The thermal conductivity continued to change over the course of one month.

### Hand Peeling Adhesion Tests

45. Since most spray foam applications in Thailand were done on metal sheet roof and roof tile or concrete, the adhesion tests were made to demonstrate the adhesion strength of the spray foams against these two substrates. The samples were prepared by spraying three different fully blended polyols and isocyanate on the two substrates at 28°C. The adhesion tests were done by peeling the foam out from the substrates. Three different failure types including the foam adhesive failure, thin layer cohesive failure, and cohesive failure, were observed. It was considered an adhesive failure if the foam could be removed completely from the surface. The thin layer cohesive failure was considered if it left a thin layer of foam on the surface of the substrates. Foams with a good adhesion property were those foams that could not be peeled off from the surface of the substrates. The peeling force applied to the samples would result in foam cracks. The test results are summarized in Table 26.

Table 26. Hand-Peeling Adhesion Test Results

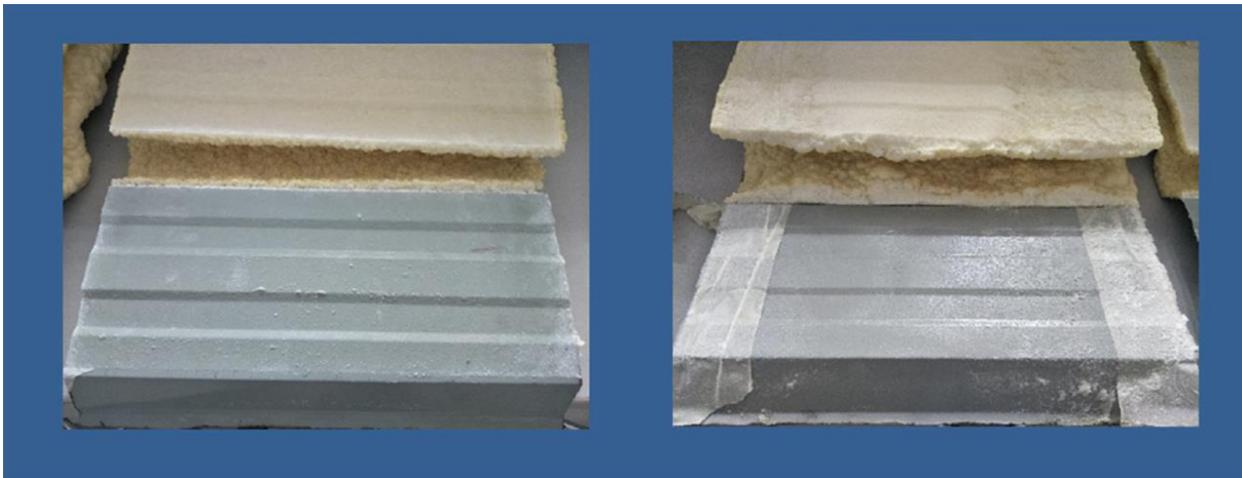
Materials	HCFC-141b	HFO-1233zd(E)	HFO-1336mzz(Z)
Metal sheet roof	<b>100% Thin layer Failure</b>	<b>100% Thin Layer Failure</b>	<b>100% Thin Layer Failure</b>
Adhesion Performance	Good	Good	Good
Roof tile	<b>100% Cohesive Failure</b>	<b>100% Cohesive Failure</b>	<b>100% Cohesive Failure</b>
Adhesion Performance	Excellent	Excellent	Excellent

46. All foams adhered excellently on the roof tile. High peeling force was required and resulted in breaking the foam. This failure mode is shown in Fig. 8.



**Fig. 8** Hand-peeling tests for spray foam with a roof tile as substrate

47. For the metal roof surface, all foams were peeled out of the surface of the substrate by high peeling force; however, there was thin skin of foam remaining on the metal surface as shown in Fig. 9.



**Fig. 9.** Hand-Peeling Tests for spray foam with metal roof sheet as a substrate.

### **Water Absorbent**

48. South City Petroleum also conducted water absorbent tests of their baseline and new HFO formulations because this property was considered as one of the key parameters in its product specifications. Four samples from each formulation were prepared. The four samples were divided into two groups. The first two were immersed into water for two hours. Another set of two samples for each formulation were immersed into water for four hours before the tests were taken.

49. The results of the water absorbent tests for a total of 12 samples produced with three different formulations were summarized in Table 27.

Table 27. Water Absorbent Test Results (% Volume)

Blowing Agent	HCFC-141b		HFO-1233zd(E)		HFO-1336mzz(Z)	
	2 hrs.	24 hrs.	2 hrs.	24 hrs.	2 hrs.	24 hrs.
Sample 1	0.83	2.61	1.01	3.11	1.06	3.11
Sample 2	1	2.34	1.51	4.27	1.55	3.81

50. Foam samples made from the two new HFO formulations demonstrated higher percentage of water absorbent than the HCFC-141b formulated foam samples. The higher water absorbent in the HFO formulations was the result of more opened cells in the foam structure due to the increasing water content in the HFO formulations which was required to compensate for the lower quantity of the blowing agents.

### Fire Performance

51. Flame retardant property of foams blown with different blowing agents was conducted by employing two different international standards: (i) UL 94; and (ii) ASTM D-568 and ASTM D-635. Foam samples made from the two HFO formulations passed the UL 94 standard V-0 level tests. The foam samples that were subject to a vertical flame stopped within 10 seconds and the foam drips were not inflamed.

52. The ASTM D-568 standard tests confirmed that the foam samples made with the HFO formulations were self-extinguished within 1 – 2 seconds when they were subject to a vertical flame. Moreover, the burn propagated less than 3 mm. Similarly, the ASTM D-635 standard tests for a horizontal flame position also yielded the same results for the samples made from the two HFO formulations. Therefore, these foam samples were considered to meet ASTM D-568 and D-635 standards. The test results based on both standards are summarized in Table 28.

Table 28. Fire Performance Test Results

Table XX. Fire Performance Test Results			
Blowing Agent	HCFC-141b	HFO-1233zd(E)	HFO-1336mzz(Z)
UL 94	V-0	V-0	V-0
ASTM D-568 and ASTM D-635	Self-Extinguished	Self-Extinguished	Self-Extinguished

### Field Tests

53. Because of a lower quantity of an HFO blowing agent in order to keep the product cost competitive, the rising of foam had to be compensated by generating CO<sub>2</sub> as a co-blowing gas from the additional water content to enhance the water-isocyanate reaction. Therefore, the new HFO formulations, which had a higher water content, consumed more isocyanate. The ratio between the HFO blended polyol and isocyanate was adjusted to about 0.78:1 or 0.82:1 by volume. However, most Thai spray foamers only had spray machines with a fixed ratio at 1:1 by volume. As a result, the field tests were then operated at South City Petroleum's facility.

54. Two major spray foam companies in Thailand (Narongrit, and Lohr Trade and Consulting) were invited to participate in the field test on December 11, 2018. Both spray foam companies had opportunities to use South City Petroleum's spray machine funded by the MLF to spray the two new HFO formulations

and to inspect the final foam products. At the end of the field test, both enterprises were asked for their opinions on the following: chemical reaction, foam appearance, foam strength, adhesion performance, and the overall view of the two new HFO formulations. The results of the interviews were included in Table 29.

Table 29. Field Test Interview Results

Filed Test	HFO-1233zd(E)		HFO-1336mzz(Z)	
	Narongrit	Lohr Trade and Consulting	Narongrit	Lohr Trade and Consulting
Chemical reaction	Little slow	Appropriate	Appropriate	Little fast
Foam cell appearance	Appropriate	Appropriate	Appropriate	Appropriate
Foam strength	Appropriate	Appropriate	Appropriate	Appropriate
Adhesion on substrate	Fair	Good	Fair	Fair
Satisfaction	Reaction time to be improved	Appropriate	Appropriate	Reaction time to be improved



55. Both invited enterprises were confident that the HFO formulations could be used in the Thai industry as a replacement for the HCFC-141b formulation. They were satisfied with the cell size appearance, reaction time, adhesion and foam strength. The only area of improvement suggested by the enterprises was the reaction time. One suggested that the HFO-1233zd(E) formulation should be improved to have faster reaction, while another suggested to slow down the reaction time of the HFO-1336mzz(Z) formulation.

### Incremental Capital Cost

56. The demonstration project as approved by the ExCom also provided financial supports to South City Petroleum to acquire one spray foam machine and thermal conductivity testing machine. These pieces of equipment were critical to the development of new foam formulations and for demonstration of the final products. As described in the project proposal, the enterprise anticipated that reduction of the blowing agent in the formulation would require additional water content in the polyol system and that consequently led to the increasing ratio of isocyanate and polyol (different foam index). Therefore, the spray foam machine with adjustable ratios of isocyanate and polyol was acquired by the project. To facilitate development and testing of new formulation, the thermal conductivity testing machine was provided.

57. The spray foam machine purchased by South City Petroleum was made by a Graco machine (Model: Reactor H-VR). The injection rates of isocyanate and polyol could be varied within the range from 1:1 to 2.5:1. The thermal conductivity tester purchased by South City Petroleum are Thermtest Model HFM-100. The approved funding levels for the spray foam machine and thermal conductivity tester were US \$40,000 and US \$5,000, respectively. The actual costs paid by South City Petroleum were US \$41,692 and US \$22,253, respectively. Detailed financial information will be provided in the Project Completion Report.

## Cost Effectiveness of South City Petroleum’s HFO Based Formulations

58. Cost is the major issues in this industry. The new HFO formulations must be price competitive in comparison with the current HCFC-141b formulations. Table 30 provides cost comparison between the HCFC-141b formulations and the two HFO formulations. The following costs of the blowing agents were use in the calculation: US \$2.86/kg of HCFC-141b; US \$14/kg of HFO-1233zd(E); and US \$20/kg of HFO-1336mzz(Z).

Table 30. Cost of Foam Production and Incremental Operating Cost of HFO Formulations

South City Petroleum	141b system			1233zd(E) system			1336mzz(Z) system		
	Parts	Unit Cost (US\$/kg)	Price	Parts	Unit Cost (US\$/kg)	Price	Parts	Unit Cost (US\$/kg)	Price
Polyol Blend	100.00	1.76	175.70	100.00	1.58	158.03	100.00	1.58	158.03
Additives & Catalysts	5.27	9.36	49.32	12.90	12.68	163.54	16.13	6.75	108.88
Other Additives	24.03	1.84	44.16	18.68	1.84	34.42	15.19	2.27	34.42
Blowing Agent	40.27	2.86	115.07	13.16	14.00	184.24	13.13	20.00	262.60
Sub-total	169.57		384.25	144.74		540.23	144.45		563.93
Isocyanate	231.80	1.68	390.44	135.40	1.68	228.07	137.72	1.68	231.97
Sub-total	231.80		390.44	135.40		228.07	137.72		231.97
Total	401.37		774.70	280.14		768.30	282.17		795.91
Price of foam (US\$/kg)			1.93			2.74			2.82
IOC (US\$/kg 141b)						8.10			8.88

59. For the HFO-1233zd(E) formulation, a new catalyst package was required to overcome the formulation stability. While the cost of HFO-1233zd(E) was significantly lower than the cost of HFO-1336mzz(Z), the cost of the new innovative catalyst package for HFO-1233zd(E) made the overall incremental operating cost of the HFO-1233zd(E) formulation only slightly less expensive than the HFO-1336mzz(Z) formulation.

### Summary

60. The results of the demonstration project to develop reduced HFO polyol formulation systems at BIT and South City Petroleum confirmed that the spray foam formulations with HFO blowing agents of about 10% of the polyol weight and proper adjustments on the choice of polyol and the catalyst package could yield the foam properties that were still acceptable to the Thai spray foam market. While the HFO-1233zd(E) formulation demonstrated instability in the formulation, the issue could be solved by introducing a new catalyst package. Spray foams blown with HFOs exhibited adhesion performance that was acceptable to the market.

61. Reactivity time of the new reduced HFO formulations is similar to the HCFC-141b formulation. This was acceptable to the Thai market. Density of spray foam made from the reduced HFO formulations was slightly higher than the baseline HCFC-141b formulation. The slight increase in the compressive strength was also observed. Similarly, the initial K-factors of the reduced HFO formulations were 20 – 30% higher than the HCFC-141b formulation. All properties of HFO blown foams were quite stable over time. Both HFO formulations passed the fire performance tests.

Table 31. Summary of Key Performance of HFO Formulations of BIT and South City Petroleum

	BIT		South City Petroleum	
	-1233zd(E)	-1336mzz(Z)	-1233zd(E)	-1336mzz(Z)
Reactivity				
Cream time (sec)	4	5	4	4

Gel time (sec)	9	9	6	6
Tack-free time	16	16	7	7
<b>Foam Properties</b>				
Foam Density (kg/m <sup>3</sup> )	38.77	39.07	39.51	34.64
K-Factor (mW/m.K)	24.20	26.10	24.74	26.88
Compressive Strength (kPa)	188.20	190.59	256.00	206.00
<b>Cost</b>				
Cost of PU System (\$/kg foam)	2.61	2.96	2.74	2.82
Incremental Operating Cost (\$/kg HCFC-141b)	4.72	8.24	8.10	8.88

62. Reduction of the blowing agents required an additional amount of water to generate CO<sub>2</sub> from the water-isocyanate reaction. Consequently, an additional amount of isocyanate which made the polyol and isocyanate ratio by volume deviated from 1:1 was required. Most spray foam enterprises in Thailand would have to either retrofit or replace their existing spray machine to be able to apply these new formulations.

**National Ozone Unit (NOU) at Environment Public Authority (EPA) of Kuwait**  
In cooperation with  
**UNIDO & UNEP**



# Comparative Study to Analyse NIK Technologies for Central Air Conditioning Applications in Kuwait

## Final Report

**October 2018**

Project Coordinators:

**UNIDO:** Ole R. Nielsen & Fukuya IINO

**UNEP:** Ayman Eltalouny

Project Consultant:

**Dr Alaa Olama**

# Comparative Study to Analyse NIK Technologies for Central Air Conditioning

## Applications in Kuwait

Table of Content

List of drawings and tables

Introduction

Project Objectives.

Project Context

**1.0 Selection Criteria for the Two Sites.**

**2.0 Compilation of Technical Solutions**

**3.0 Kuwait Climatological Conditions and Two stage Direct/Indirect (TSDI) evaporative cooling systems.**

**3.1 Kuwait Climatological Conditions.**

**3.2 The Concept of Two Stage Direct/Indirect (TSDI) Evaporative Cooling.**

**4.0 Energy Consumption comparison: TSDI evaporative cooling versus IK cooling.**

**4.1 Expected operational Savings of a 5000 cfm (30 TR, 106 kW) TSDI evaporative cooling unit.**

**4.2 Outdoor Air (Fresh Air) as opposed to Recirculated Air.**

**4.3 Weather Data for Kuwait for the whole year, hour by hour.**

**4.4 Energy Consumption Comparison.**

**4.5 Budgetary Cost, Electric and Water of Air Handling Unit Types.**

### *The First Site*

**5.0 TSDI evaporative cooling system for a Direct Expansion (DX) central A.C. system of a Mosque.**

**5.1 Estimated cooling load.**

**5.2 Modified Conceptual Design of the Plant Incorporating TSDI evaporative cooling system.**

**5.3 Operational savings of the Hybrid NIK assisted by IK system.**

### *The Second Site*

**6.0 TSDI evaporative cooling system for a Chilled Water central A.C. system of a School**

**6.1 Estimated cooling load of the System.**

**6.2 Modified Conceptual Design of the Plant Incorporating TSDI evaporative cooling system.**

**6.3 Operational savings of the Hybrid NIK assisted by IK system.**

**7.0 Capital Costs, Operating Costs for the Financial Analysis and Summary Technical Results.**

**7.1 Assumptions for the breakdown of capital and operational costs of the Mosque and School.**

**7.2 Breakdown of Capital and Operating Costs of the Mosque.**

**7.3 Breakdown of Capital and Operating Costs of the School.**

**7.4 Summary Technical Results.**

### **Annexes:**

**1- Criteria and Questionnaire for sites locations -Kuwait NIK Project.**

**2- Compilation of Technical Solutions.**

## List of Figures and Tables:

**Figure 3.1: Basic direct evaporative cooling, Indirect or Indirect-Direct evaporative cooling.**

**Figure 3.2: An Indirect evaporative cooling module.**

**Figure 3.3: Details of air flow in and around an Indirect Evaporative Cooling Heat exchanger.**

**Figures 4.1 and 4.2: Thermodynamic processes on a psychrometric chart.**

**Figures 4.3 and 4.4: Isometric view of TSDI evaporative cooler and thermal processes on a psychrometric chart.**

**Figures 4.5 and 4.6: Energy saving for Kuwait maximum summer conditions- August 2002.**

**Figure 4.7: Screen Shot of Results.**

**Figure 5.1: Schematic diagram of a Hybrid TSDI evaporative cooling system assisted by DX cooling coil system.**

**Figure 5.2: Schematic diagram of a Hybrid TSDI evaporative cooling system with DX cooling coil connected to an air-cooled condensing unit.**

**Figure 6.1: Schematic diagram of a hybrid TSDI evaporative cooling system assisted by a Chilled Water cooling coil.**

**Figure 6.2: Schematic diagram of a hybrid TSDI evaporative cooling system assisted by a Chilled Water cooling coil connected to air cooled chillers.**

## Tables:

**Table 3.1: Kuwait Highest Monthly  $T_{db}$  coincident with  $T_{dp}$ ,  $T_{wb}$  & RH.**

**Table 4.1: Supply air temperature spread Chart for an entire year and weather data.**

**Table 4.2: Energy Consumption Comparison - 5 TR DX recirculated vs. A Hybrid TSDI evap. cooling.**

**Table 4.3: Budgetary Cost, Water Consumption and Electric Consumption of all Air Handling Unit Types.**

**Table 4.4: Official Prices of Electricity and Water-Kuwait (Arabic).**

**Table 5.1: Energy Consumption Comparison - 81 TR DX recirculated vs. A Hybrid TSDI evap. cooling for a mosque.**

**Table 6.1: Energy Consumption Comparison - 800 TR CW recirculated vs. A Hybrid TSDI evap. cooling for a school.**

**Table 7.1: Breakdown of capital and Operating Costs for the Financial Analysis of the Mosque.**

**Table 7.2: Breakdown of capital and Operating Costs for the Financial Analysis of the School.**



## Introduction

At the 75<sup>th</sup> EXCOM, UNIDO resubmitted requests for this proposal for feasibility studies, in line with decision 74/29 (originally 72/40), to develop a business model for district cooling in Kuwait and Egypt. UNIDO is the lead implementing agency and UNEP is the cooperating agency for both studies.

The feasibility study objective is to provide a detailed technical, financial as well as environmental and energy assessment / road map for the government of Kuwait, in the development of Central A/C systems. The focus of the feasibility study will be a full comparative analysis of three not-in-kind technologies namely:

- I. Deep Sea Water free cooling.
- II. Waste heat absorption and
- III. Solar assisted chilled water absorption systems

Being considered the most promising for Kuwait.

The deliverables of the feasibility study will be:

1. Assessment of the most suitable not-in-kind technology for Central AC systems
2. Assessment of available renewable energy sources,
3. Assessment of legalization barriers,
4. Assessment of energy saving mechanisms,
5. Assessment of environmental benefits
6. Development of a financial structure and financial scheme for both, governmental co-financing mechanisms, including the possibility of providing incentives for private companies.

The project was approved by the 75th EXCOM in accordance to the following decision:

*20. For Kuwait, the focus of the feasibility study will be a full comparative analysis of three not-in-kind technologies: deep sea water free cooling, waste heat absorption and solar assisted chilled water absorption systems, to determine which may be the most promising option for central air-conditioning systems.*

*21. The following activities will be implemented:*

- (a) A literature review on the current status of deep sea water free cooling, waste heat absorption, and solar assisted chilled water absorption systems;*
- (b) Analysis of renewable energy sources, legal barriers, energy saving mechanisms, environmental benefits; and*
- (c) Development of a financial structure and financial scheme for both the Government, co-financing mechanisms (including the possibility of reducing energy subsidies), and private energy providers.*

## Project Objectives

The focus of the feasibility Study is to comparatively assess three not-in-kind technologies for central AC and DC; and provide technical and economical evidence to be disseminated to government officials as well as private investors. This feasibility study will address:

- Use of not-in-kind technologies
- Central A/C technology options;
- Legalization Barriers;
- Energy saving mechanisms;
- Governmental co-financing mechanism

### Project Context

UNIDO and UNEP have been implementing a demonstration project for a detailed technical, financial as well as environmental and energy assessment / road map for the government for

Kuwait, in the development of Central A/C systems. The focus of the feasibility study will be a comparative analysis of three not-in-kind technologies namely deep-sea water free cooling, waste heat absorption and solar assisted chilled water absorption systems that are being considered the most promising for Kuwait.

In addition, the most suitable Not-In-Kind (NIK) cooling technology will be selected to air condition two sites, a school and a mosque. Conceptual designs are prepared, each design shall be governed by the principle of energy conservation, adopting together with conventional In-Kind (IK) cooling other suitable techniques NIK cooling techniques to provide substantial savings in operating costs.

### 1.0 Selection Criteria for the Two Sites

Questionnaires were prepared, see annex 1, based on a point system to help evaluate selection of the best sites/buildings suitable for application of NIK cooling technologies. Unfortunately, this selection process did not provide tangible results because the best sites selected were not assessable to a deep-seawater source, reject heat sources or downstream natural gas piping network (solar assisted absorption cooling). Eventually, general construction plans were obtained for candidate sites that are to be built by “Kuwait Public Authority for Housing Welfare (KPAHW)” and those satisfied one important NIK cooling technology; Two Stage Direct Indirect (TSDI) evaporative cooling.

Sites that are in the planning stage were preferred also buildings designs that are to be repetitively constructed in future at other sites.

In total four different candidate building sites were proposed by KPAHW.

Those are:

1. **A school.** The school central air-conditioning system, utilising 5 air cooled chillers, each 200 TR refrigeration capacity, total capacity 1000 TR. The school air conditioning design IK design was provided.
2. **A Medical Centre.** Comprising small operating theatres, emergency units and other medical facilities. The Medical Centre has a designed IK central air conditioning system using DX units. Unfortunately, the design documents were not complete, and it proved impossible to obtain enough data to form an accurate idea on refrigeration loads, schedule of equipment and other vital design data on time to consider this selection seriously.
3. **A small mosque.** Although the mosque architectural and civil design data were complete, no central air conditioning system was provided. This excluded the use of this mosque because of the time needed to estimate cooling loads and create a central air conditioning design.
4. **A large central mosque.** A complete central air conditioning IK design was provided. The air conditioning IK design documents were complete and were enough to get a complete and full picture on the IK design.

It was decided to select site 1 and 4 as the two designated sites for changing their air conditioning design from IK to NIK or NIK assisted by IK.

It is important to note that the selection of the sites fulfilled two important criteria:

- I. Sites are important to the country's construction policy represented by Kuwait Public Authority for Housing Welfare (KPAHW) building program.
- II. Construction plans are well developed but not too far developed that NIK cooling cannot be integrated into it.

The two buildings selected were ideally suited for Two Stage Direct Indirect (TSDI) evaporative cooling. This is especially important given the importance of the recommendations of increasing fresh air (outdoor air) in those applications of schools and public gathering areas.

## **2.0 Compilation of Technical Solutions**

The relevant technical solutions chosen for the demonstration of cooling systems are examined such as fluorocarbon chillers (In- Kind cooling technology), non-fluorocarbon chillers (Not-In-Kind cooling technology), distribution piping network, load interface techniques and energy calculation methods. The compilation of technical information on relevant technical solutions chosen for the demonstration of NIK cooling systems encompass the following solutions compiled:

- Systems utilising In-Kind cooling technologies or fluorocarbon chillers.
- Systems using Not-In-Kind cooling technologies or non-fluorocarbon chillers.
  - Systems operating by deep sea cooling or cooling/heating.
  - Reject exhaust heat or flue gas streams fired absorption systems.
  - Solar assisted chilled water absorption systems.
  - Natural gas fired double effect absorption chillers/heaters systems.
  - Steam or hot water indirect fired absorption systems.
- Distribution piping networks pumping arrangements.
- District cooling for a city using reject heat in power stations
- Load interface techniques and energy calculation methods.
- Daily cooling load profile curves, diversity factors and Thermal Energy Storage (TES).

**Details on each solution and suitability for the case is described in detail in annex-2.**

## **3.0 Kuwait Climatological Conditions and the Concept of Two-stage Direct/Indirect (TSDI) evaporative cooling.**

The two sites suggested by "Kuwait Public Authority for Housing Welfare (KPAHW)" were not within easy access to the Gulf for a Deep-Sea Cooling system use, nor were they near an exhaust heat source or a downstream natural gas pipeline to use with a solar assisted cooling system. The two sites were however most suited for using an NIK system, a two stage direct/indirect evaporation system. Kuwait being a low humidity country, especially in summer, makes it ideal for using the system at high efficiency when most needed. The system was adopted for both sites, as shown later.

### **3.1 Kuwait Climatological Conditions.**

Kuwait enjoys remarkably low relative humidity conditions during summer, which makes it ideally suited for the use of TSDI evaporative cooling. Table 3.1 below shows basic Climatological readings in Kuwait, for 2002.

The year was arbitrarily chosen according to information made available. The date stated is the one at which the highest dry bulb temperature occurred for the designated month. Coincident dew point, wet bulb and relative humidity are shown.

Table 3.1 Kuwait Highest monthly dry bulb, coincident dew point, wet bulb and relative humidity.

Kuwait Date, 2002	Hour	Highest T <sub>db</sub> , °C	Coincident		
			Dew point, °C	T <sub>wb</sub> , °C	Relative Humid. %
09.01	14:00	23.5	6.6	13.970	33.652
14.02	15:00	25.6	-0.3	12.499	18.154
31.03	15:00	31.8	3.5	15.975	16.691
22.04	15:00	36	13.8	21.298	26.537
22.05	15:00	44.2	1.8	19.663	7.56
29.06	15:00	47.9	4.7	21.513	7.684
06.07	16:00	45.7	3.8	20.624	8.066
14.08	15:00	49.7	4	21.851	6.686
02.09	14:00	46.6	4.5	21.079	8.093
01.10	15:00	38.8	11.2	20.997	19.213
06.11	15:00	32.5	14.3	20.492	33.302
14.12	15:00	21.9	10.3	14.983	47.663

The table shows that during November, December and January the high humidity ratio shall not provide enough TSDI cooling, if needed, and IK cooling may be needed. Otherwise, in March, April May, June, July, August, September and October TSDI cooling will operate well because of the low relative humidity (19.2 % to 6.7 %). This study is based on this criterion.

The two sites/buildings are redesigned to operate primarily on TSDI evaporative units with IK chilled water or DX units assisting in times when humidity is highest, providing the bulk of the cooling capacity needed during those eight months.

Furthermore, if Thermal Energy Storage (TES) tanks of the stratified type can be added to the system in order to reduce further the installed IK capacity. TES tanks stores cooling enthalpy at off-peak times and release it at on-peak time. This helps reducing installed capacity because energy is produced at night-time, when climatic temperatures are milder, saving energy further in the order of 10 to 20 %. However the scope of the study did not permit the exploration of this novel feature.

### 3.2 The Concept of Two Stages direct/Indirect (TSDI) evaporative cooling

Direct evaporative cooling is an old technology, useful in low wet bulb ambient temperature regions, since it relies on reducing the conditioned air temperature by evaporating water in the stream and using the water latent heat to reduce air temperature. Indirect evaporative cooling allows cooling the air stream without raising its humidity and allow using the system in hybrid arrangements with other cooling systems. This expands the use of indirect evaporative cooling; improving its efficiency while reducing water consumption

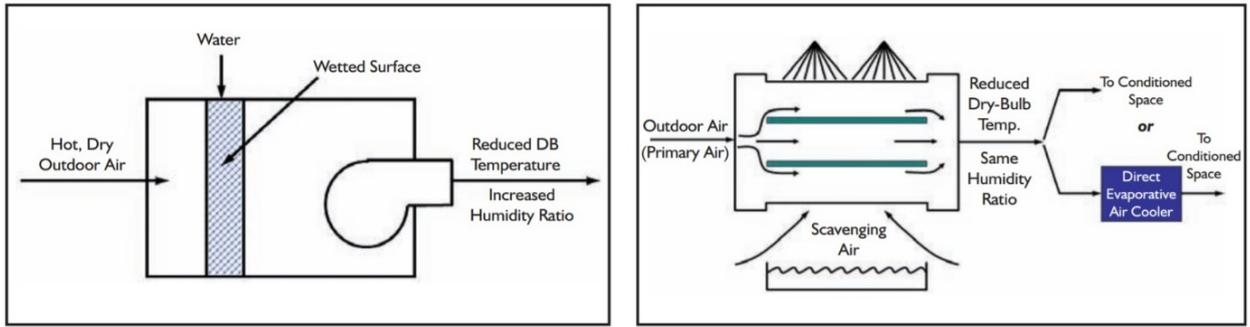


Figure 3.1: Basic direct evaporative cooler

Indirect or indirect-direct evaporative cooler.

Figure 3.1 shows a schematic diagram of both systems. Indirect evaporative cooling using a secondary stream, not in directly contact with the primary stream, cools the outdoor air. The humidity of the primary stream thus does not rise. By combining both direct and indirect evaporative cooling air cooling quality improves.

In figure 3.1 the primary air is cooled in the first stage using an air heat exchanger. Primary air, which flows inside the heat exchanger, is cooled without raising its humidity. It is then cooled again by direct evaporative cooling in the second stage and its humidity is raised. Another direct/ indirect cooling system cools the water (not the primary air) in the first stage. The cooled water flows to a fin and tube heat exchanger cooling another stream of outdoor air reducing its temperature and humidity. The second stage cools the air by evaporative cooling.



Figure 3.2: An Indirect Evaporative Cooling module.

In Figure 3.2, shows a modular indirect evaporative cooling module comprising the heat exchanger section. Figure 3.3 shows the airflow pattern in and around the heat exchanger.

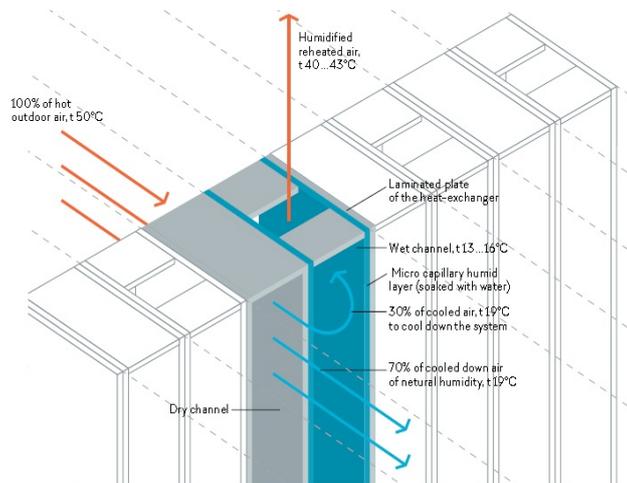


Figure 3.3: Details of air flow in and around an indirect evaporative cooling heat exchanger

Manufacturers of commercially available units claim to provide supply air at the following temperatures at 50° C conditions:

<b>Ambient Conditions</b>		
<b>Condition 1</b>	<b>Condition 2</b>	
<b>50°C dry bulb/28°C wet bulb</b>	<b>50°C dry bulb/19°C wet bulb</b>	
Supply air		
Achieved conditions:		
Dry bulb, °C	25.7	13.8
Wet bulb, °C	21.7	3.8

The higher wet bulb temperature in the initial condition one (t db= 50 °C, t wb=28 °C), resulted in supply air at a higher t db (25.7 °C) compared to initial condition 2 (t db= 50 °C, t wb=19 °C) where supply air t db dropped to 13.8 °C.

Water consumption at those conditions is about 1.2 l/hr per kW. Water consumption may rise to about 2.5 l/hr per kW at maximum elevated dry bulb temperatures at Kuwait extreme summer conditions, when outdoor wet bulb temperatures are over 28°C, in certain climate zones, a hybrid system is used utilizing a mechanical vapour compression, an IK system, to assist until those harsh conditions are not prevailing. The system then switches back to Indirect Evaporative Cooling.

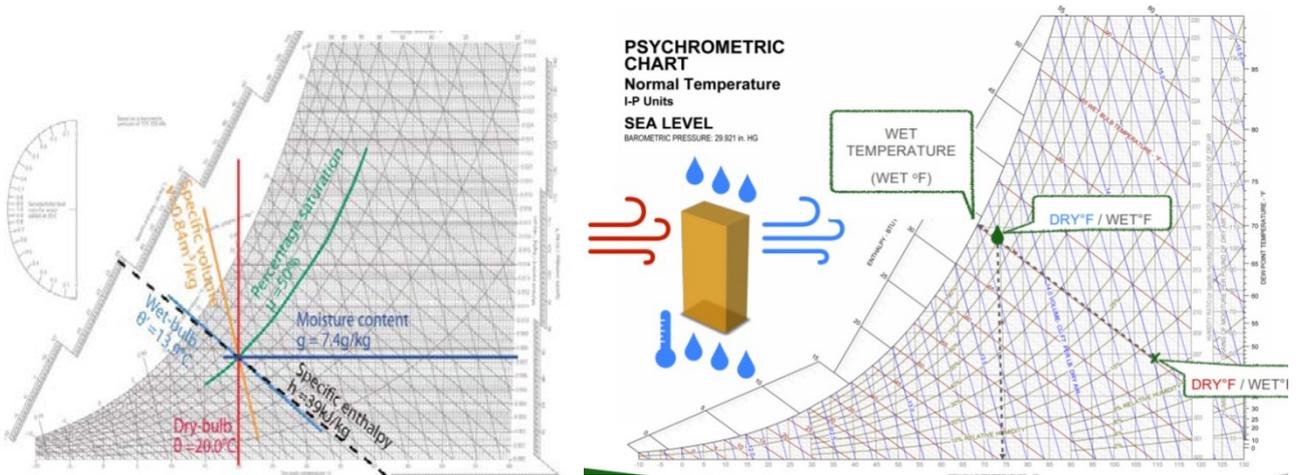
**4.0 Energy Consumption comparison: TSDI evaporative cooling versus IK cooling.**

**4.1 Expected operational Savings of a 5000 cfm (30 TR, 106 kW) TSDI evaporative cooling unit**

In sections 4.0 and 5.0 it is shown that the saving in operational cost for the two-sided selected. To demonstrate these savings, the following case study was made:

**Two Stage Evaporative Cooling:**

A 5000 cfm 100% outside air (Full Fresh Air) air handling unit is considered, the refrigeration capacity saving using a NIK evaporative system assisted by an IK system is calculated and compared to a full IK mechanical DX vapour compression system. Figures 4.1 and 4.2 shows the thermodynamic processes on a psychrometric chart. Figure 4.3 and 4.4 shows an isometric view of the unit, a cross section plan and the thermodynamic processes on a psychrometric chart. Figure 3.8 and 3.9 shows energy saving for Kuwait conditions in August, see table 3.1, the highest dry bulb temperature during the whole year.



Figures 4.1 and 4.2: Thermodynamic processes on psychrometric chart.

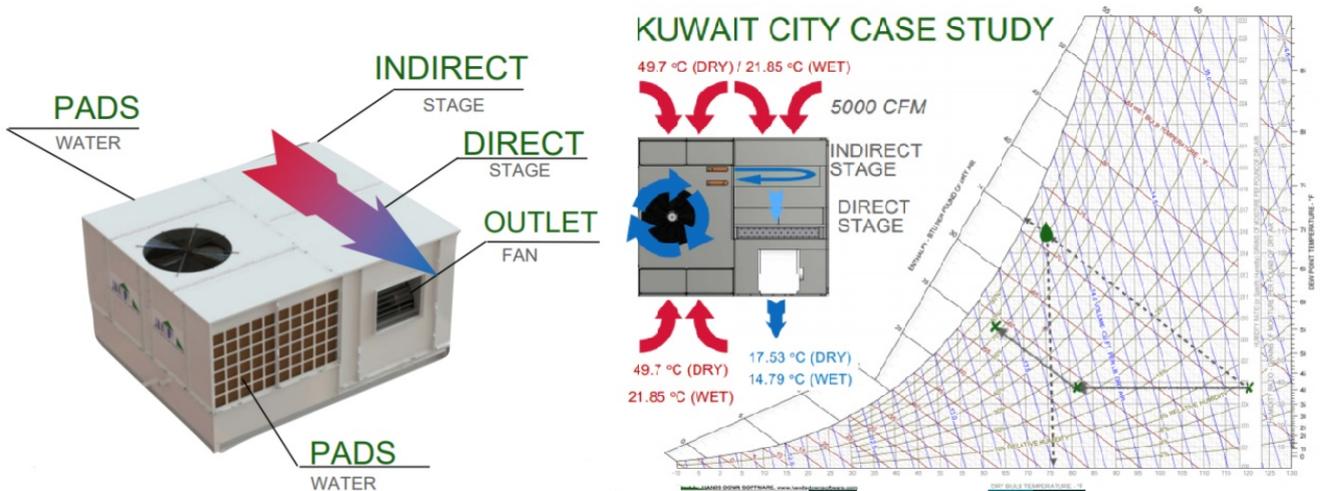


Figure 4.3 and 4.4: Isometric view of TSDI evaporative cooler and the thermodynamic processes on the psychrometric chart



### 4.3 Weather Data for Kuwait for the whole year, hour by hour.

**Table 4.1 Supply air temperature spread chart for an entire year and Weather data.**

Location: Kuwait City - Kuwait								
Hourly Weather Data Source: EnergyPlus								
Based on SAT Formulae for WBT Calculation on 27.11.2015								
SUPPLY AIR TEMP IN °C	VENTILATION		DIRECT EVAPORATIVE COOLING (DEC)		INDIRECT EVAPORATIVE COOLING (IEC)		INDIRECT - DIRECT EVAPORATIVE COOLING (IDEC)	
	Ambient Air (No cooling)		Adiabatic Cooling		Sensible Cooling		Two Stage Cooling	
	No of Hrs	in %	No of Hrs	in %	No of Hrs	in %	No of Hrs	in %
S A Temp ≤ 14	1171	13%	2704	31%	2142	24%	5507	63%
S A Temp 14.01 - 16.00	474	5%	1068	12%	892	10%	1596	18%
S A Temp 16.01 - 18.00	618	7%	1038	12%	1040	12%	830	9%
S A Temp 18.01 - 20.00	576	7%	1224	14%	914	10%	401	5%
S A Temp 20.01 - 22.00	528	6%	1712	20%	1198	14%	226	3%
S A Temp 22.01 - 24.00	463	5%	770	9%	1535	18%	146	2%
S A Temp 24.01 - 26.00	480	5%	213	2%	857	10%	52	1%
S A Temp 26.01 - 28.00	545	6%	31	0%	166	2%	2	0%
S A Temp 28.01 - 30.00	524	6%	0	0%	16	0%	0	-----
S A Temp 30.01 - 32.00	514	6%	0	0%	0	0%	0	-----
S A Temp 32.01 - 34.00	518	6%	0	-----	0	0%	0	-----
S A Temp 34.01 - 36.00	482	6%	0	-----	0	-----	0	-----
S A Temp 36.01 - 38.00	429	5%	0	-----	0	-----	0	-----
S A Temp 38.01 - 40.00	368	4%	0	-----	0	-----	0	-----
S A Temp 40.01 - 42.00	333	4%	0	-----	0	-----	0	-----
S A Temp ≥ 42.01	737	8%	0	-----	0	-----	0	-----
	8760		8760		8760		8760	

Table 4.1 shows the supply air temperature spread chart for an entire year weather data. These data were obtained from EnergyPlus™. The U.S. Department of Energy’s (DOE) Building Technologies Office (BTO) funds EnergyPlus. The National Renewable Energy Laboratory (NREL) manages it. EnergyPlus is developed in collaboration with NREL, various DOE National Laboratories, academic institutions, and private firms. EnergyPlus™ is a whole building energy simulation program that engineers, architects, and researchers use to model both energy consumption—for heating, cooling, ventilation, lighting and plug and process loads—and water use in buildings. To highlight the operational saving of a hybrid TSDI evaporative cooling unit compared to a DX unit for Kuwait, complete average hourly data for a whole year of IK cooling system and TSDI evaporative cooling system were calculated:

- 1- Complete average hourly daily data for Kuwait, for a whole year, compiled from 30 years period. These are:
  - Ambient air conditions :  $T_{db}$ ,  $T_{wb}$ , moisture, enthalpy.
  - Conditions of air after TSDI evaporative cooler: WBD (wet bulb depression), WBE (wet bulb efficiency-  $WBE = 13.63 \ln(WBD) + 42$ ),  $T_{db}$  after Dry Air Moist Air heat exchanger.
  - Load on cooling coil: with or without evaporate cooling per cfm for an entire year.
- 2- A worked example for energy consumption of a 5 TR TSDI evaporative cooling unit compared to a DX unit of the same capacity.

These data were obtained with the kind assistance of reference 9. References 10 and 11 offered data and assistance in producing this report. Figure 4.7 shows a screen shot of the excel sheet showing the energy consumption results.

Analysis of TR/CFM for Kuwait - only for AC hours, when IDEC can't meet comfort needs

Abbreviations:	
DBT	Dry Bulb Temp in °C
WBT	Wet Bulb Temp in °C
Moisture	Specific Humidity in [kgWater/kgDryAir]
Enthalpy	in kJ /kg

SUPPLY AIR - OFF COIL CONDITIONS	
DBT	14.57 °C
WBT	13.71 °C
Moisture	0.00946 kg/kg
Enthalpy	38.586 kJ/kg

WBD= wet bulb depression

WBE= wet bulb efficiency

WBE=13.63 ln(WBD)+42

S. No.	Month	Date	Time	Ambient Air conditions				Condition of Air after IEC				Load on cooling coil			
				DBT	WBT	Moisture	Enthalpy	WBD	WBE	DBT-DAMA	Moisture	Enthalpy	Without IEC or ERW	With IEC	
8485	12/20	13:00:00		20.23	16.00	0.00900	44.722	4.23	50%	18.12	0.010	42.457	6.156	3.890	
8486	12/20	14:00:00		20.46	15.57	0.00904	43.526	4.89	50%	18.02	0.009	40.931	4.960	2.364	
8490	12/20	18:00:00		18.74	15.06	0.00917	42.086	3.88	50%	16.90	0.009	40.122	3.529	1.556	
8491	12/20	19:00:00		17.27	15.15	0.00986	42.337	2.12	50%	16.21	0.010	41.165	3.770	2.598	
DAMA= Dry Air-Wet Air= IEC												Total: Load on Coil for 1 Year (kJ/kg)		61999.727	23987.147
												Load on coil in Btu/lb		26865.11	10261.04
												Load on coil in Btu/CFT		1996.12	768.42
												Load on Coil in Btu/Hr		119767.27	46105.09
												Load on coil per CFM for an entire year (TRH)		9.98	3.84
												Savings by using IEC		6.14	
Notes:															
Conversion: 1 kJ/kg = 0.429923 btu/lb												For 1 CFM		3.84	
P.S: Density of air @ STP = 0.074887 lb/cft												For 2500 CFM		9605.2	
Air flow rate taken as 1 CFM, hence per hour qty of air = 60 CFT															

Figure 4.7: Screen shot of results.

#### 4.4 Energy Consumption Comparison.

Table 4.2 shows the energy consumption comparison between two systems both nominally at 5 TR capacity: a DX system and a TSDI evaporative cooling system assisted by a DX cooling coil and condensing unit.

The reason this energy consumption is made is to demonstrate the energy savings given the operational conditions for Kuwait over a whole year.

The comparison shows a considerable saving when using a Hybrid TSDI unit compared to a DX unit, air-cooled. However, certain assumption were made.

##### Assumptions:

- The system operates on Full Fresh Air, except for 683 hrs. (Of 8670 hrs. - 7.8 % of total operational hrs.) when more cooling is needed than the nominal 5 TR DX coil installed, see note 1 and 2 below.
- If a Full fresh air model is used, during the 683 hrs. there will be a need for a larger DX coil- up to 16.9 TR. This system has not been contemplated. It was thought that reverting to a recirculated air during those 683 hrs. is justifiable, given the added expenses needed if a full fresh air system was used at all hrs.
- Even with a larger coil, 16.9 TR, there are some 5 hrs. when the refrigeration capacity is larger than 16.9 TR. Those five hours (0.057 % of the years) are not considered since we shifted to a recirculated system at the critical 683 hrs.
- The cost of the control system that switches to recirculated air for 683 hrs. is taken into consideration when comparing capital costs.

**Table 4.2: Energy Consumption Comparison - 5 TR DX recirculated vs. A Hybrid TSDI evap. cooling**

s. n	IK System	Cap., TR	Energy Consumption, kW.hr/yr.	NIK evaporative Hybrid System	Cap., TR	Energy Consumption, kW.hr/yr.
1	<b>System Description:</b> System 1: Recirculated Air Re-circulation rooftop packaged AC unit. 2500 cfm.	5		<b>System Description:</b> System 2: 100 % FA TSDI evaporative system with DX coil. <b>DX hybrid operates when supply air temperature is above 14.6°C and dew point is above 12.9 °C, to meet room conditions of 23.9 °C &amp; 50 % RH.</b>	Up to 16.9 TR	-16.9 TR for Full Fresh Air Or -5 TR and Recirculated DX air for 683 hrs per year. <sup>(2)</sup>
2	<b>Energy Consumption hours:</b> - All year except 65 days (1560 hrs), winter season. 8760 – 1560 = 7200 hrs. - 300 operational days and 80 % diversity			<b>Energy Consumption hours:</b> Hour's analysis shows: - 3892 hrs. needed with DX hybrid cooling. - 4868 hrs. with TSDI evap. Cooling will fulfil T <sub>db</sub> = 14.6 °C and T <sub>dp</sub> = 12.9 °C.	Note (1)	
3	<b>Unit's own energy consumption:</b> Included in 1.5 Kw/TR			<b>Unit's own energy consumption:</b> For TSDI operation hours, without cooling, with 0.6 kW/1000 CFM and 90% diversity -0.6 x (2500/1000) x 4868 x 0.9		6,572
4	<b>Energy consumption:</b> 7200 x 5 x 1.5x 0.8 Hr x TR x kW/hr		43,200	<b>Energy consumption for DX Hybrid operating hours</b> - 3.84 x 2500 x 1.5		14,400
5	<b>Total Energy Consumption:</b>		43,200	<b>Total Energy Consumption:</b> 3 + 4		20,972
6	<b>Total Energy Saving:</b>		<b>22,228</b>	<b>(51.4 % saving)</b>		

Note (1): **Cooling Mode, Operational Hours and Tonnage.**

Operational Hours per Year.			
TSDI unit operational without cooling	TSDI unit operational & DX coil, max 5 TR	TSDI unit operational & DX coil, > 5 TR	Total
4868	3209	683 <sup>(2)</sup>	8760

Note (2): **Operational Hours and Tonnage over 5 TR**

Operational Hours per Year.				
16.0 – 16.9 TR	12.1 – 16.0 TR	8.1 – 12.0 TR	5.1 – 8.0 TR	Total
5	81	244	353	683

**Table 4.3: Budgetary Cost, Electric and Water Consumption of all Air Handling Unit Types.**

AHU Description			Utility requirement			Budgetary price CIF Kuwait Port / CFM
SN	Type	Cooling Description	Power (kW/ 1000 CFM)	Water (Annual average) LPH/ 1000 CFM	Water (Peak time consumption) LPH/ 1000 CFM	
1	TSDI evap. Cooling.	1. Indirect cooling stage 2. Direct (adiabatic) stage	0.6 kW	8 LPH	13 LPH	USD 2 / CFM
2	One Stage Indirect Evap. Cooling Only.	1. Indirect cooling stage	0.45 kW	6 LPH	11 LPH	USD 1.6 / CFM
3	TSDI evap. Cooling with cooling coil (CW or DX)	1. Indirect cooling stage 2. Cooling & dehumidification with CW/DX coil	0.8 kW (CW or DX coil press drop considered)	6 LPH	11 LPH	USD 3 / CFM
4	Typical AHU with cooling coil (CW or DX).	Cooling & dehumidification with CW/DX coil	0.6 kW (CW or DX coil press drop considered)	none	none	USD 1.5 / CFM

**Table 4.4: Official Prices of Electricity and Water- Kuwait (Published in Arabic)**

أولاً: تُحدد تعرفة وحدة الكهرباء على النحو الآتي:

سعر التعرفة لكل كيلو وات . ساعة (فلس)	القطاع
25) فلس	الحكومي
5) فلس	الإستثماري و التجاري
5) فلس	الصناعي و الزراعي
3) فلس	الصناعي والزراعي المنتجين (المنشآت ذات العلاقة)
12) فلس	الأخرى (باستثناء قطاع السكن الخاص)
3) فلس لكل (ك.فار)	الطاقة غير الفعالة للمنشآت الصناعية والتجارية والحكومية

ثانياً: تُحدد تعرفة وحدة المياه العذبة على النحو الآتي:

سعر التعرفة لكل ألف جالون إمبراطوري شهرياً (دينار)	القطاع
4) د.ك	الحكومي
2) د.ك	الإستثماري و التجاري
2) د.ك	الأخرى (باستثناء قطاع السكن الخاص)
1.250) د.ك	الصناعي و الزراعي
750) فلس	الصناعي والزراعي المنتجين (المنشآت ذات العلاقة)
500) فلس	محطات تحلية المياه

## The First Site

### 5.0 TSDI evaporative cooling system for a Direct Expansion (DX) central A.C. system of a Mosque

#### 5.1 Estimated cooling load.

The Kuwait Public Authority for Housing Welfare (KPAHW) provided IK design drawings for a major mosque in the Capital, Kuwait City. The design provided, was a central air conditioning system made utilizing roof top DX air cooling packaged units.

In that original IK design, the nominal cooling load of the building is 81 TR. The hybrid system envisaged includes both two stage direct Indirect (TSDI) evaporative cooling assisted by a DX cooling coil to operate when the relative humidity is high to the extent that the TSDI system cannot reach the off coil design conditions.

Eventually the hybrid TSDI evaporative cooling system assisted by the DX system will provide much less energy consumption than a DX system. This is shown in the financial study.

There was no need to increase the installed DX coil capacity, to deal with the critical 683 hrs., when the TSDI system cannot deal with the load. In these hrs., the system reverted to a recirculated air system during those 683 hrs., as opposed to a full fresh air system for the all other operating hrs.

#### 5.2 Modified Conceptual Design of the Plant Incorporating TSDI evaporative cooling system.

Figure 5.1 shows a schematic diagram of the Hybrid TSDI evaporative cooling system assisted by a DX cooling coil system.

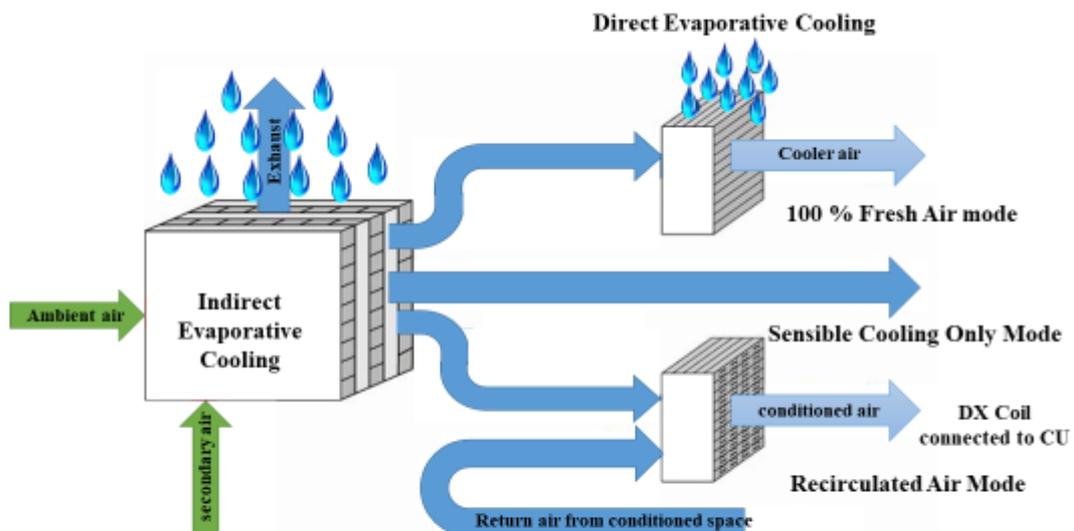


Figure 5.1: Schematic diagram of a hybrid TSDI evaporative cooling system assisted by a DX cooling coil

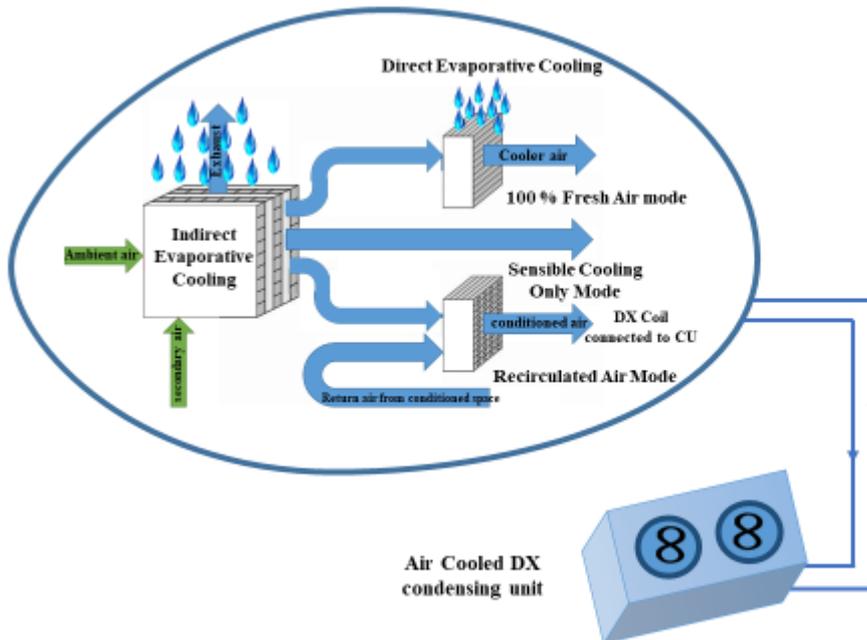


Figure 5.2: Schematic diagram of a hybrid TSDI evaporative cooling system with DX coil connected to air cooled condensing unit

### 5.3 Operational savings of the Hybrid NIK assisted by IK system.

Table 5.1 for the mosque cooling energy comparison, compares both IK cooling system and NIK TSDI cooling system assisted by DX coils.

The reason energy consumption is made is to demonstrate the energy savings given the operational conditions for Kuwait over a whole year.

The comparison shows a considerable saving when using a Hybrid TSDI unit compared to a DX unit, air-cooled. However, certain assumptions were made.

#### Assumptions:

- The system operates on Full Fresh Air, except for 683 hrs. (Of 8670 hrs. - 7.8 % of all operating time) when more cooling is needed than the nominal 800 TR DX coil installed, see note 1 and 2 below.
- If a Full fresh air model is used, during the 683 hrs. Then a much larger need TSDI system would be needed - This system has not been contemplated because of its added unjustified extra expenses. It was assumed that air was recirculated during those 683 hrs. only.
- The cost of the control system that switches to recirculated air for the 683 hrs. is taken into consideration when comparing capital costs.

**Table 5.1: Energy Consumption Comparison - 81 TR DX recirculated vs. A Hybrid TSDI evap. cooling for a mosque.**

s. n	IK System	Cap., TR	Energy Consumption, kW.hr/yr.	NIK evaporative Hybrid System	Cap., TR	Energy Consumption, kW.hr/yr.
1	<b>System Description:</b> System 1: Recirculated Air Re-circulation rooftop packaged AC unit. Total cfm 40,500.	81		<b>System Description:</b> System 2: 100 % FA TSDI evaporative system with DX coil. <b>DX hybrid operates when supply air temperature is above 14.6°C and dew point is above 12.9 °C, to meet room conditions of 23.9 °C &amp; 50 % RH.</b>	81	- 81 TR and Recirculated DX air for 683 hrs per year. <sup>(2)</sup>
2	<b>Energy Consumption hours:</b> - All year except 65 days (1560 hrs), winter season. 8760 – 1560 = 7200 hrs. - 300 operational days and 80 % diversity			<b>Energy Consumption hours:</b> Hour's analysis shows: - 3892 hrs. needed with DX hybrid cooling. - 4868 hrs. with TSDI evap. Cooling will fulfil T <sub>db</sub> = 14.6 °C and T <sub>dp</sub> = 12.9 °C.	Note (1)	
3	<b>Unit's own energy consumption:</b> Included in 1.5 Kw/TR			<b>Unit's own energy consumption:</b> For TSDI operation hours, without cooling, with 0.6 kW/1000 CFM and 90% diversity -0.6 x {(500X 81)/1000} x 4868 x 0.9		106,463
4	<b>Energy consumption:</b> 7200 x 81 x 1.5x 0.8 Hr x TR x kW/hr		699,840	<b>Energy consumption for DX Hybrid operating hours</b> - 3.84 x 500 X 81 x 1.5		233,280
5	<b>Total Energy Consumption:</b>		699,840	<b>Total Energy Consumption:</b> 3 + 4		339,743
6	<b>Total Energy Saving: kW.hrs/year</b>			<b>360,097 (51.5 % saving)</b>		

Note (1) & (2): **Cooling Mode, Operational Hours and Tonnage.**

Operational Hours per Year.			
TSDI unit operational without cooling	TSDI unit operational & DX coil, max 81 TR	TSDI unit operational & DX coil, > 81 TR	Total
4868	3209	683 <sup>(2)</sup>	8760

## The Second Site

### 6.0 TSDI evaporative cooling system for a Chilled Water system air conditioning of a School.

The first site selected is a school. The school air conditioning original IK design was completed, and utilised an air cooled chilled water system connected to a chilled water-piping network to air handling units and fan coil units. The system incorporates a small number of split units (3) and one packaged unit

#### 6.1 Estimated Cooling Load of the system.

About 800 TR (4 x 200 TR chillers + 1 x 200 TR stand-by chiller).

#### 6.2 Modified Conceptual Design of the Plant Incorporating TSDI evaporative cooling system.

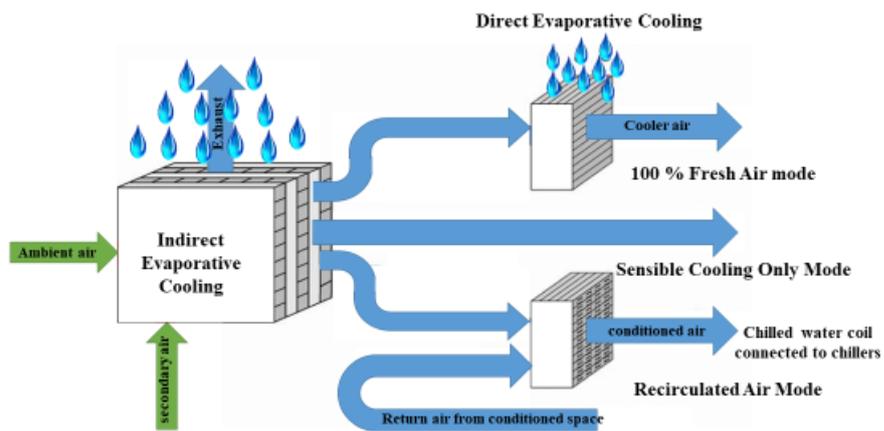


Figure 6.1: Schematic diagram of a hybrid TSDI evaporative cooling system assisted by a chilled water cooling coil

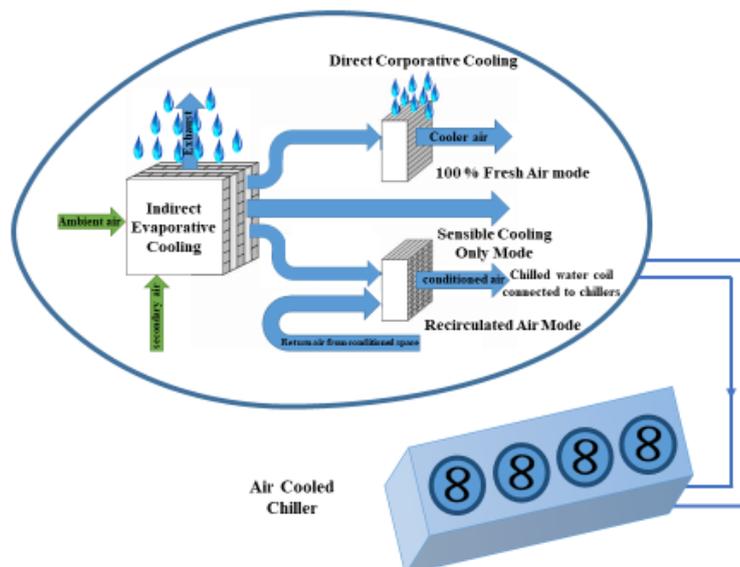


Figure 6.2: Schematic diagram of a hybrid TSDI evaporative cooling system assisted by chilled water coil connected to air cooled chiller

### 6.3. Operational savings of the Hybrid NIK assisted by IK system.

Table 6.1 for the energy consumption of the school air conditioning systems, compares both NIK cooling system assisted by the air cooled chilled water system IK cooling system with the original design of an IK air cooled chilled water system only.

The reason this energy consumption is made is to demonstrate the energy savings given the operational conditions for Kuwait over a whole year.

The comparison shows a considerable saving when using a Hybrid TSDI unit compared to a DX unit, air-cooled. The financial study shows these savings in detail. However, certain assumption were made.

#### Assumptions:

- The system operates on Full Fresh Air, except for 683 hrs. (Of 8670 hrs. - 7.8 % of the whole operating time) when more cooling is needed than the nominal 800 TR DX coil installed, see note 1 and 2 below.
- If a Full fresh air model is used, during the 683 hrs. Then a much larger need TSDI system would be needed - This system has not been contemplated because of its added unjustified extra expenses It was assumed that air was recirculated during those 683 hrs. only.
- The cost of the control system that switches to recirculated air for the 683 hrs. is taken into consideration when comparing capital costs.

**Table 6.1: Energy Consumption Comparison - 800 TR CW recirculated vs. Full FA Hybrid TSDI evap. cooling for a school.**

s. n	IK System	Cap., TR	Energy Consumption, kW.hr/yr.	NIK Evap. Hybrid System	Cap., TR	Energy Consumption, kW.hr/yr.
1	<b>System Description:</b> System 1: Recirculated Air Re-circulation rooftop AHU, Chilled water unit. 500 X 800 cfm.	800		<b>System Description:</b> System 2: 100 % FA TSDI evaporative system with DX coil. <b>DX hybrid operates when supply air temperature is above 14.6<sup>o</sup>C and dew point is above 12.9<sup>o</sup>C, to meet room conditions of 23.9<sup>o</sup>C &amp; 50 % RH.</b>	800	-800 TR and Recirculated DX air for 683 hrs per year. <sup>(2)</sup>
2	<b>Energy Consumption hours:</b> - All year except 65 days (1560 hrs), winter season. 8760 – 1560 = 7200 hrs. - 300 operational days and 80 % diversity			<b>Energy Consumption hours:</b> - Hour's analysis shows: -3892 hrs needed with DX cooling. - 4868 hrs with TSDI evap. Cooling will fulfil T <sub>db</sub> = 14.6 <sup>o</sup> C and T <sub>dp</sub> = 12.9 <sup>o</sup> C.		
3	<b>Unit's own energy consumption:</b> Included in 1.5 Kw/TR Diversity 80 %			<b>Unit's own energy consumption:</b> 0.6 kW/TR, Diversity 90 %. -0.6 x {(500 x 800)/1000} x 4868 x 0.9		1,051,488
4	<b>Energy consumption:</b> 7200 x 800 x 1.5x 0.8 Hr x TR x kW/hr		6,912,000	<b>Energy consumption for DX Hybrid operating hours:</b> - 3.84 x 500 x 800 x 1.5		2,304,000
5	<b>Total Energy Consumption:</b>		6,912,000	<b>Total Energy Consumption:</b> 3+4		3,355,488
6	<b>Total Energy Saving: kW.hrs/year</b>			<b>3,556,512 (51.5 % saving)</b>		

Note (1) & (2): Cooling Mode, Operational Hours and Tonnage.

Operational Hours per Year.			
TSDI unit operational without cooling	TSDI unit operational & DX coil, max 800 TR	TSDI unit operational & DX coil, > 800 TR	Total
4868	3209	683 <sup>(2)</sup>	8760

## **7.0 Capital Costs, Operating Costs for the Financial Analysis and Summary Technical Results.**

### **7.1 Assumptions for the breakdown of capital and operational costs of the Mosque and School.**

This section is devoted to obtaining the following two items:

- Capital and operating parameters needed for the financial analysis part of the study in order to obtain the basic financial indicators to prove whether the system is viable or not for Kuwait, from a financial economic point of view.
- Provide an overall summary of technical results obtained, in order to simplify access to information regarding the technical part of the study.

In order to reach the first point, certain assumptions were made. Those are listed below:

#### **The Mosque**

- The IK central air conditioning system consists of seven packaged roof top direct expansion (DX) units. Those incorporate seven air handling unit section with a DX coil and a condensing unit section
- The capacities of the packaged units are between 5 and 20 TR.
- All packaged units are designed with 15 % fresh air and 85 % recirculated air.
- The packaged units are connected to a ductwork, both supply, return and an air distribution grilles and diffusers.
- The total installed capacity of the system is 81 TR.
- A small number of split units, exhaust fans and electric heaters will remain as they are in the NIK design.
- The proposed NIK design is to replace the packaged units with a Two Stage Direct Indirect (TSDI) evaporative cooling air handling units quipped with a DX coil connected to condensing units.
- The individual and aggregated capacity of the NIK system remains the same at 81 TR.
- The NIK system will be a full fresh air system to improve indoor air quality inside the mosque, except for 683 hrs. a year when humidity is too high, the system will then automatically shift to recirculated air with 15 % fresh air.

#### **The School**

- The IK central air conditioning system consists of several air handling unit sections equipped with a chilled water-cooling coil connected to five air-cooled chillers (4 +1 stand-by).
- The total aggregated capacities of the air-handling units is 800TR.
- All AHU are designed with 15 % fresh air and 85 % recirculated air.
- The AHUs are connected to a ductwork, both supply, return and an air distribution grilles and diffusers.
- The total installed capacity of the system is 1000 TR.
- A small number of split units, exhaust fans and electric heaters will remain as they are in the NIK design.
- The proposed NIK design is to replace the AHUs with a Two Stage Direct Indirect (TSDI) evaporative cooling air handling units quipped with a chilled water coils connected to the air cooled chillers.
- The individual and aggregated capacity of the NIK system remains the same at 800 TR.
- The NIK system will be a full fresh air system to improve indoor air quality inside the school, except for 683 hrs. a year when humidity is too high, the system will then automatically shift to recirculated air with 15 % fresh air.

## 7.2 Breakdown of Capital and Operating Costs of the Mosque.

**Table 7.1: Breakdown of Capex and Opex for the Mosque-Kuwait.**

Sn.	Item	As indicated	US \$	Remarks
A	<p><b>Major Data for Not-In-Kind technology using TSDI evaporative cooling system.</b></p> <p><b>System Description:</b>            100 % FA, except 683 hrs when system shift to recirculated air.            TSDI evaporative system with DX coil.            DX hybrid operates when supply air temperature is above 14.6°C and dew point is above 12.9 °C, to meet room conditions of 23.9 °C &amp; 50 % RH</p>			
	<b>Total Aggregated AHUs Installed Capacity, TR</b>	81		Comprises all AHUs capacities. According to table 4.5
	<b>Unit's own electric energy consumption, kW.h/year: For TSDI operation hours, without cooling, with 0.8 kW/1000 CFM and 90% diversity</b> $-0.8 \times \{(500 \times 81)/1000\} \times 4868 \times 0.9$	141,950		500 cfm per TR. According to table 5.1
	<b>Electric Energy consumption for DX Hybrid operating hours, kW.h/year:</b> $- 3.84 \times 500 \times 81 \times 1.5$	233,280		According to table 5.1
	<b>Total Electric Energy consumption yearly: kW.h/yr.</b>	375,230		
	<b>Water Consumption, litre per year:</b> $6 \times \{(500 \times 81)/1000\} \times 3209$	779,787		Table 4.5
<b>I</b>	<b>Capital Costs Breakdown:</b>			
1	<b>Cost of AHUs with TSDI evaporative cooling and DX coils:</b> $3 \times 500 \times 81$		121,500	Table 4.5
2	<b>Automatic control system to switch to recirculated mode during hours when full fresh air will need for than 81 TR aggregated capacity- 683 hr.</b> $81 \times 500 \times 0.2$		8,100	See note (2), table 4.5 and USD 0.2 / cfm
	<b>Total Capital Cost</b>		<b>129,600</b>	
<b>II</b>	<b>Operating Costs</b>			
	Cost of Electric Energy Consumption per year: $\{(375,230 \times 25)/1000\} \times 3.27$		30,675	Based on 1 kW.h= 25 Fil.s. 1 K.D= 1000 Fil.s

				1 K.D =1 USD3.27
	Cost of water consumption per year: { (779, 787 / 4.54609 ) /1000} x4x3.27		2,244	4 KD /1000 Imp. Gallon 1 Imp. Gallon= 4.54609 l.
	<b>Total Yearly Operating Costs</b>		<b>32,919</b>	
<b>SN</b>	<b>Item</b>	<b>As indicated</b>	<b>US \$</b>	<b>Remarks</b>
<b>B</b>	<b>Major Data for In-Kind DX System.</b> <b>System Description:</b> Recirculated Air Re-circulation rooftop packaged AC unit. Total 40,500 cfm.			
	<b>Total Aggregated AHUs Installed Capacity, TR:</b>	81		
	<i>Unit's own electric energy consumption, kW.h/year:</i> - All year except 65 days (1560 hrs), winter season. 8760 – 1560 = 7200 hrs. - 300 operational days and 80 % diversity 7200 x 81 x 1.5x 0.8 Hr x TR x kW/hr	699,840		
<b>I</b>	<b>Capital Cost:</b>			
	<b>Cost of AHUs with DX coils:</b> 81 x 500 x 1.5		60,750	From Table 4.5
	<b>Total Capital Costs</b>		<b>60,750</b>	
<b>II</b>	<b>Operating Cost:</b>			
	Cost of electric energy consumption per year, hr x TR x kW/hr x diversity x rate and 80 % diversity : 7200 x 81 x 1.5x 0.8 x 25/1000 x 3.27		57,212	See Table 5.1
	<b>Total yearly operating costs</b>		<b>57,212</b>	

### 7.3 Breakdown of Capital and Operating Costs of the School.

**Table 7.2: Breakdown of Capex and Opex for the School-Kuwait.**

Sn.	Item	As indicated	US \$	Remarks
A	<p><b>Major Data for Not-In-Kind technology using TSDI evaporative cooling system.</b></p> <p><b>System Description:</b> 100 % full fresh air TSDI evaporative system with chilled water coil. Chilled Water hybrid operates when supply air temperature is above 14.6<sup>o</sup>C and dew point is above 12.9<sup>o</sup>C, to meet room conditions of 23.9<sup>o</sup>C &amp; 50 % RH.</p>			- 800 TR and Recirculated chilled water cooled air for 683 hrs per year. <sup>(2)</sup>
	<b>Total Aggregated AHUs Installed Capacity, TR</b>	800		Comprises all AHUs capacities. According to table 4.5
	<p><b>Unit's own electric energy consumption, kW.h/year:</b> 0.8 kW/TR, Diversity 90 %. -0.8 x {(500 x 800)/1000} x 4868 x 0.9</p>	1,401,984		500 cfm per TR. table 6.1 and table 4.5
	<p><b>Electric Energy consumption for chilled water Hybrid operating hours, kW.h/year:</b> -3.84 x 500 x 800 x 1.4</p>	2,150,400		According to table 6.1
	<b>Total Electric Energy consumption yearly: kW.h/yr.</b>	3,552,384		
	<p><b>Water Consumption, litre per year:</b> 6 x {(500 x 800)/1000} x 3209</p>	7,701,600		Without 682 hrs when CW coil operational. 3892-683=3209 Tables 4.5 and 6.1
I	<b>Capital Costs Breakdown:</b>			
1	<p><b>Cost of AHUs with TSDI evaporative cooling and chilled water coils:</b> 3 x 500 x 800</p>		1,200,000	Table 4.5
2	<p><b>Automatic control system to switch to recirculated mode during hours when full fresh air will need for than 81 TR aggregated capacity- 683 hr.</b> 800 x 500 x 0.2</p>		80,000	See note (2), table 4.5 and USD 0.2 / cfm
	<b>Total Capital Cost</b>		<b>1,280,000</b>	
II	<b>Operating Costs</b>			
	<p>Cost of Electric Energy Consumption per year: {(3,552,384 x 25)/1000} x 3.27</p>		290, 407	Based on 1 kW.h= 25 Fil. 1 K.D= 1000 Fil

				1 K.D =1 USD3.27
	Cost of water consumption per year: {(7,701,600 / 4.54609 ) /1000} x4x3.27		22,159	4 KD /1000 Imp. Gallon 1 Imp. Gallon= 4.54609 l.
	<b>Total Yearly Operating Costs</b>		<b>312,566</b>	
<b>SN</b>	<b>Item</b>	<b>As indicated</b>	<b>US\$</b>	<b>Remarks</b>
<b>B</b>	<b>Major Data for In-Kind Chilled Water System.</b> <b>System Description:</b> Recirculated Air, Re-circulation rooftop AHU, Chilled water unit. 500 X 800 = 400,000 cfm.			
	<b>Total Aggregated AHUs Installed Capacity, TR:</b>	800		
	<b>Unit's own electric energy consumption, kW.h/year:</b> - All year except 65 days (1560 hrs), winter season. 8760 – 1560 = 7200 hrs. - 300 operational days and 80 % diversity (Hr x TR x kW/hr)  7200 x 800 x 1.4x 0.8	6,451,200		
<b>I</b>	<b>Capital Cost:</b>			
	<b>Cost of AHUs with chilled water coils:</b> 800 x 500 x 1.5		600,000	From Table 4.5
	<b>Total Capital Costs</b>		<b>600,000</b>	
<b>II</b>	<b>Operating Cost:</b>			
	Cost of electric energy consumption per year, hr x TR x kW/hr x diversity x rate and 80 % diversity : 7200 x 800 x 1.4x 0.8 x 25/1000 x 3.27		527,386	See Table 6.1
	<b>Total yearly operating costs</b>		<b>527,386</b>	

## 7.4 Summary Technical Results.

The aim of the study is to analyse Not-In-Kind (NIK) cooling technologies for central air conditioning applications for Kuwait that have low GWP as well as provide significant energy efficiency savings.

Questionnaires were prepared to choose two sites where the air conditioning systems of buildings are designed for central system application by traditional electric system once for direct expansion (DX) and another for chilled water (CW) application.

The Kuwait EPA, the official entity that commissioned the study, has been providing guidance and assistance to us in filling questionnaires through information received from "Kuwait Public Authority for Housing Welfare" (KPAHW). General construction plans were obtained from KPAHW for candidate sites that are to be built by them and were to be centrally air conditioned by either a DX or a CW system. Four building sites were used to fill the questionnaires, those are:

1. **A school.** The school central air-conditioning system, utilising 5 air cooled chillers, each 200 TR refrigeration capacity, total capacity 1000 TR. The school air conditioning design IK design was provided.
2. **A Medical Centre.** Comprising small operating theatres, emergency units and other medical facilities. The Medical Centre has a designed IK central air conditioning system using DX units. Unfortunately, the design documents were not complete, and it proved impossible to obtain enough data to form an accurate idea on refrigeration loads, schedule of equipment and other vital design data on time to consider this selection seriously.
3. **A small mosque.** Although the mosque architectural and civil design data were complete, no central air conditioning system was provided. This excluded the use of this mosque because of the time needed to estimate cooling loads and create a central air conditioning design.
4. **A large central mosque.** Complete with central air conditioning IK design was provided. The air conditioning IK design documents were complete and were enough to get a complete and full picture on the IK design.

Selection number 1 and 4 proved best specially since their IK design was completed and could be modified to NIK as well as both were provided with either DX or CW systems design and were soon to be constructed.

Several NIK system were considered such as: deep sea cooling, cooling by the use of reject heat, natural gas fired absorption chiller and solar assisted absorption chiller cooling. Lastly Two Stage Direct Indirect (TSDI) evaporative cooling was considered. The latter NIK system was chosen because the unusual climatological conditions of Kuwait. Analysis of the climatological data over the last 30 years revealed that the relative humidity in Kuwait throughout summer is remarkably low. This dry summer ambient made TSDI evaporative ideally positioned for air conditioning. The system does not utilize refrigerants except water (no GWP) and is known for its low energy consumption.

The technical study looked at both sites and changed the original IK designs to a TSDI evaporative system assisted by the original IK system. Energy consumption was calculated throughout the year and design schematic diagram were made for the new systems.

***The preliminary results made for the calculation of energy consumed by the technical study shows there are savings for the NIK assisted by IK system of about 52 % when compared to a traditional electric IK system.***

The technical study shows also that the NIK system assisted by IK improves the Indoor Air Quality (IAQ) for occupants by using primarily full fresh air in both mosque and school thus enhancing greatly the way of life reducing cross contamination and renewing air reducing unwanted odours as well as reducing greatly the carbon footprint.

The technical study explains in detail the steps taken and justify the energy savings obtained. The study then made a cost breakdown of capital and operating cost to be used in the financial part of the study to calculate with a high degree of accuracy the energy savings and capital cost, cost break even, return on investment and other financial parameters.

The financial study justified the additional capital cost needed to adopt a TSDI evaporative system assisted by the original IK system and calculated more accurately those savings. In the financial study the system not only recoup its additional expenses in a limited short number of years but also shows the system can be adopted for other central system applications.

Further work will be needed to check empirically these results by building two prototypes: one DX and another CW, and monitor the operational results to disseminate the new technology in Kuwait.

## References

---

- 1 Natural Cold Water District Cooling Plants Enabled by Directional Drilling, ASHRAE CRC, Cairo, October 2010. <http://www.cotherma.com/Press%20Release%20-%20Climate%20Change%20with%20Innovation.pdf?Type=fpaper&pcode=1030>
- 2 The AC of Tomorrow? Tapping Deep Water for Cooling. National Geographic, 20 October 2017.
- 3 US National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA, has National Centres for Environmental Information (NCEI), <https://www.ncei.noaa.gov/about>.
- 4 UNEP, 2015: District Energy in Cities—Unlocking the Potential of Energy Efficiency and Renewable Energy.
- 5 A. A. Olama, District Cooling, theory and practice, Taylor and Francis CRC Press, Boca Raton, USA, 2017. [www.CRCpress.com](http://www.CRCpress.com)
- 6 S. Frederiksen, S. Werner, District Heating and Cooling, Studentlitteratur AB Lund, Sweden, 2013. [www.studentlitteratur.se](http://www.studentlitteratur.se)
- 7 ASHRAE District Cooling Guide, ASHRAE Atlanta, Georgia, USA, 2013. [www.ashrae.org](http://www.ashrae.org)
- 8 International District Energy Association IDEA, District Cooling Best Practice Guide, Westborough, MA, USA, 2008. [www.distrctenergy.org](http://www.distrctenergy.org)  
From the Industry:
- 9 Mr Sunil Tiwari, GM A.T.E. Enterprises.
- 10 Eng. Y. Barakat, DCM enterprises.
- 11 Eng. M. Manzalawi, Tiba enterprises.

## Annex-1

### Criteria and Questionnaire for sites locations -Kuwait NIK Project

No	Item	Criteria	Points	Score
1	New developed city/district.	New City = 20 New District in existing City = 15 Existing District = 5	20	
2	Minimum Cooling Capacity	< 5,000 TR = 5 5,000 – 10,000 TR = 7 10,000 – 30,000 TR = 8 > 30,000 TR = 10	10	
3	Proximity to: a. Sea side b. Waste Heat Source (elect. power station)	Within or less than 5Km = 30 5-10 Km = 20 More than 10 Km = 10	20	
4	Proximity to NG downstream line	Within connected proximity	10	
5	Current status of city/district development	Concept phase = 20 Design phase = 10 Contract phase = 5	20	
6	Type of application (residential, commercial, governmental, industrial, mixed)	Governmental = 20 Residential = 5 Commercial = 15 Industrial = 15 Mixed Use = 20	20	
<b>Total</b>			100	

### Technical Information Survey

No.	Item	Details
1	<b>Sites Parameters:</b>	
A	Sites for District Cooling Plants under consideration.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Name of sites:</li> <li>- Site 1: -----</li> <li>- Site 2: -----</li> <li>- Site 3: -----</li> <li>- Site 4: -----</li> </ul> <p>(Chose two sites.)</p>
B	Cost of Land: - Purchasing. - Renting.	Site 1: Site 2: Site 3: Site 4:
C	Cost of plant building construction:	For a masonry building: -----/square meter.  For a steel structure building: -----/square meter.

No.	Item	Details
D	Additional Information you may think is important to list:	
<b>2 Energy and Water.</b>		
A	Electric Power Prices: - Low Voltage. - Medium Voltage. - High Voltage.	Residential: --- Commercial: ---- Industrial: ----- (Link to internet site- prices of electric power cost.)
B	Natural Gas Prices:	Site1:           , Site 2:           , Site3:           , Site 4:  Is it piped to site?
C	Is there a source of reject heat near the site? (Refinery, steel mill, glass factory, thermal desalination plant, electric power station, etc....)	Site 1: Site 2: Site 3: Site 4:
D	- Is there a Refuse Processing Plant near the site? - Is there a Refuse Derive Fuel (RDF) available?	Site 1: Site 2: Site 3: Site 4:
E	Price of fresh water, brackish water and drain:	
F	Additional Information you may think is important to list:	
<b>3 Salaries</b>		
A	Salaries structure for: - Qualified Graduate engineers (5 to 10 years exp.): - Qualified Graduate engineers (1 to 5 years exp.): - Skilled Technician: - Technician: - Labourer:	
B	Additional Information you may think is important to list:	
<b>4 Taxes and Custom Duties</b>		
A	Rate of Income Taxes: - On individuals: - On Corporations:	
B	Taxes on Services: - On electric power supply: - On district Cooling Services. - Other.	
C	Custom Duties on imported Equipment:	

<b>No.</b>	<b>Item</b>	<b>Details</b>
D	Value Added taxes on Imported goods and services:	

## Financial Information Survey

No.	Item	Details
1	<b>Sites Parameters:</b>	
A	Sites for District Cooling Plants under consideration.	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Name of sites:</li> <li>- Site 1: -----</li>   <li>- Site 2: -----</li>   <li>- Site 3: -----</li>   <li>- Site 4: -----</li> </ul> <p style="text-align: center;">(Chose two sites.)</p>
B	Cost of Land: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Purchasing.</li> <li>- Renting.</li> </ul>	Site 1: Site 2: Site 3: Site 4:
C	Cost of plant building construction:	For a masonry building: -----/square meter.  For a steel structure building: -----/square meter.
D	Additional Information you may think is important to list:	
2	<b>Energy and Water.</b>	
A	Electric Power Prices: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Low Voltage.</li> <li>- Medium Voltage.</li> <li>- High Voltage.</li> </ul>	Residential: --- Commercial: ---- Industrial: ----- (Link to internet site- prices of electric power cost.)
B	Natural Gas Prices:	Site1:           , Site 2:           , Site3:           , Site 4:  Is it piped to site?
C	Is there a source of reject heat near the site? (Refinery, steel mill, glass factory, thermal desalination plant, electric power station, etc....)	Site 1: Site 2: Site 3: Site 4:
D	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Is there a Refuse Processing Plant near the site?</li> <li>- Is there a Refuse Derive Fuel (RDF) available?</li> </ul>	Site 1: Site 2: Site 3: Site 4:
E	Price of fresh water, brackish water and drain:	
F	Additional Information you may think is important to list:	
3	<b>Salaries</b>	

No.	Item	Details
A	Salaries structure for: - Qualified Graduate engineers (5 to 10 years exp.): - Qualified Graduate engineers (1 to 5 years exp.): - Skilled Technician: - Technician: - Labourer:	
B	Additional Information you may think is important to list:	
4	Taxes and Custom Duties	
A	Rate of Income Taxes: - On individuals: - On Corporations:	
B	Taxes on Services: - On electric power supply: - On district Cooling Services. - Other.	
C	Custom Duties on imported Equipment:	
D	Value Added taxes on Imported goods and services:	

## Annex-2

### Compilation of Technical Solutions

The relevant technical solutions chosen for the demonstration of cooling systems are examined such as fluorocarbon chillers (In-Kind cooling technology), non-fluorocarbon chillers (Not-In-Kind cooling technology), distribution piping network, load interface techniques and energy calculation methods.

The compilation of technical information on relevant technical solutions chosen for the demonstration of NIK cooling systems encompass the following subjects:

#### 1. Systems utilising In-Kind cooling technology or Fluorocarbon chillers

The definition of Not-In-Kind DC cooling technology is technology that mostly utilize electric power to produce cooling. Not-In-Kind DC cooling technology is technology that mostly do not utilize electric power to produce cooling. The aim of this study is the dissemination of Not-In-Kind cooling technologies, to help introducing these technologies in Kuwait.

Fluorocarbon chillers are In-Kind cooling technology, since they are mechanical vapour compression machine operated by electric power. Fluorocarbon chillers have real (not subsidized) operating costs relatively higher than these of Not-In-Kind cooling technologies. Therefore, they are not used in this study as the main producers of cooling capacity, but to assist in the cooling process when needed.

Sometimes Not-In-Kind technologies or non-fluorocarbon chillers are not able to bring down the chilled water supply temperature to low design levels efficiently and economically. In this case, In-Kind technologies may be needed to assist the cooling process. When design supply chilled water temperatures are set at 3 to 4 °C, In-Kind technology can be included. For this reason, sometimes electric chillers are included in the design of chilled water plants in-series arrangement with non-fluorocarbon chillers such as absorption chillers.

Distribution piping network designed with large delta T requires low supply chilled water temperature. This is to help reduce the diameter of the chilled water piping, thus reducing cost. This is especially important in large and long networks. Those temperatures are not reachable with current commercially available second-generation absorption chillers, since they can provide chilled water temperatures down to 5 to 6 °C safely. Lower chilled water temperatures, 3 to 4 °C, are available with new generation absorption chillers expected commercially in the near future. Thus, fluorocarbon chillers can be included in-series design arrangement to achieve those low temperatures.

This is also the case in applications when ice or ice-slurry are used for thermal energy storage system (TES), since negative chilled water supply design conditions are required to produce ice or ice-slurry and those temperatures are not achievable with current generations absorption chillers.

However, when used the major portion of cooling capacity will be borne by Not-In-Kind cooling technology resulting in low operating costs for the system, while fluorocarbon chillers, electrically operated, will provide a small fraction of the operating costs to achieve lower supply design chilled water temperatures, when needed.

#### 2. Systems using Not-In-Kind cooling technologies or Non-fluorocarbon Chillers

The main NIK cooling technology systems are:

##### A. Systems operating by deep sea cooling (DSC) or cooling/heating

Deep Sea Cooling is a new technology that uses cold-water temperature of the seas, at great depths, to cool chilled water of a district cooling system. The main advantage of this technique is that may consumes down to a tenth energy consumption compared to In-Kind technologies.

This technique is well developed in Scandinavian countries and in island states such as Hawaii and others. Stockholm City has used its unique location on the shore of the Baltic Sea and at the mouth of Lake Malaren

(the largest lake in Sweden) to build a deep source cooling system for its downtown buildings. Another large project is planned for Dubai in the United Arab Emirates. Toronto City, Canada has the largest deep-source cooling project yet it is not the first city to plumb the depths of North America's glacial lakes.

Four years ago, Cornell University inaugurated a US \$ 57 million lake-source cooling plant. The system cools university buildings and a nearby high school in Ithaca, New York.

The plant draws 3.9 °C (39 F) water from 70 meters (250 feet) below the surface of Cayuga Lake, a glacially carved lake that is 132.6 meters (435 feet) deep at its lowest point The Natural Energy Laboratory of Hawaii Authority (NELHA), a state research facility located on the Big Island of Hawaii, runs its own deep-source cooling plant. The system cools buildings on the agency's campus, which overlooks the Pacific Ocean. The plant draws 6 °C (42.8 F) seawater from depth of 610 meters (2,000 feet). "NELHA saves about US \$3,000 a month in electrical costs by using the cold seawater air-conditioning process," said Jan War, an operations manager. Makai Ocean Engineering, a private company based in Honolulu, is also developing plans to cool all of the city's downtown using a similar system.

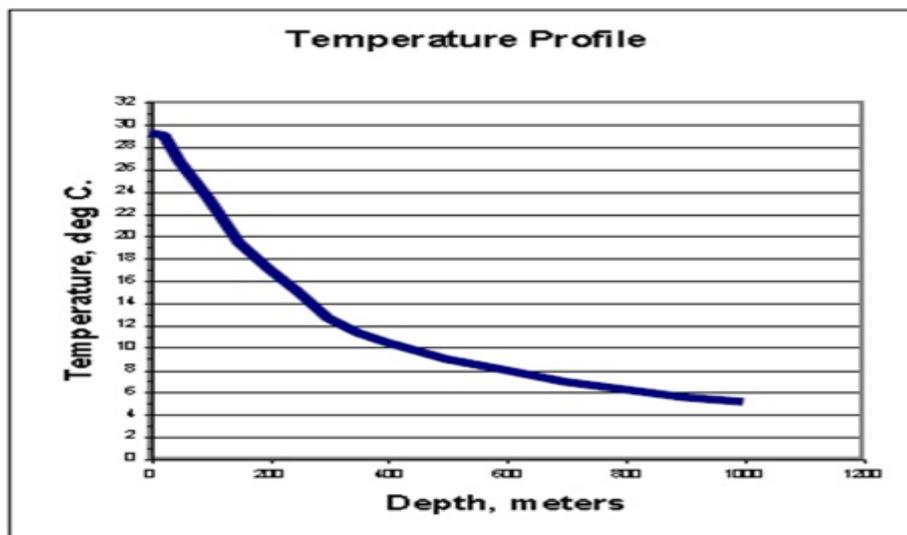


Figure 2.1: Seawater temperature drop versus depths of the Sea.

The graph shows the general trend of the downward decrease of seawater temperature as depth increase. This trend differs from summer to winter and with the location of the point where it is measured.

Oceanographers divide the ocean into categories by depth. The broadest category is the upper part of the ocean known as the euphotical zone. This is generally regarded as the upper 200 meters of the ocean where sun light penetrates, and photosynthesis takes place. The bottom part of the ocean is called the aphotalical zone where sunlight does not add heat and cold temperatures are present. Bathymetry and oceanography studies suggest that at an ocean depth of at least 1000 meters, 4°C water temperature is assured. It should be noted that 4°C temperature might also be available at depths of 500 to 900 meters. Diligent temperature studies for the Gulf need to be conducted as part of the study preceding a proposed project <sup>(1)</sup>.

For a specific location, measurements that are more accurate are available at the US National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA). At NOAA, the National Centres for Environmental Information (NCEI) hosts and provides access to one of the most significant archives, with comprehensive oceanic, atmospheric, and geophysical data. NCEI is the US leading authority for environmental information <sup>(3)</sup>. Once the Egyptian government approves the location of the plant, temperatures of the seawater at the location can be assessed.

## Deep Sea Cooling and Horizontal Directional Drilling (HDD) Techniques

There are several problems associated with laying a pipe to access cold water from shore to the required depth. The tide action might dislodge anchoring blocks of the piping, especially with high seas. Coral Reefs and seabed marine life may also be affected. Because of that, environmental permits may be difficult to obtain. Returning seawater to the sea should be made so that it is returned to the depth strata where the seawater temperature is the same as that of the returning water. This assures conservation of the sea microorganisms without disruption.

Horizontal Directional Drilling (HDD) is a mature technology used in the Oil and Gas field. This technique enables directional drilling under the surface to access deep cold water with a horizontal displacement of up to eleven kilometres from shore. A rig could also drill a diagonal tunnel of suitable diameter to bring cold seawater to the surface. Using heat exchangers between the cold seawater and a chilled water system, temperatures of 5.5°C to 6.5°C could be achieved at the fresh chilled water network. Similarly, the rig would also drill suitable tunnel to return heated water to a suitable depth.

This is the drilling technique suggested for the study. Figure 2.2 shows the position of the supply and return tunnels and piping and the DC station.

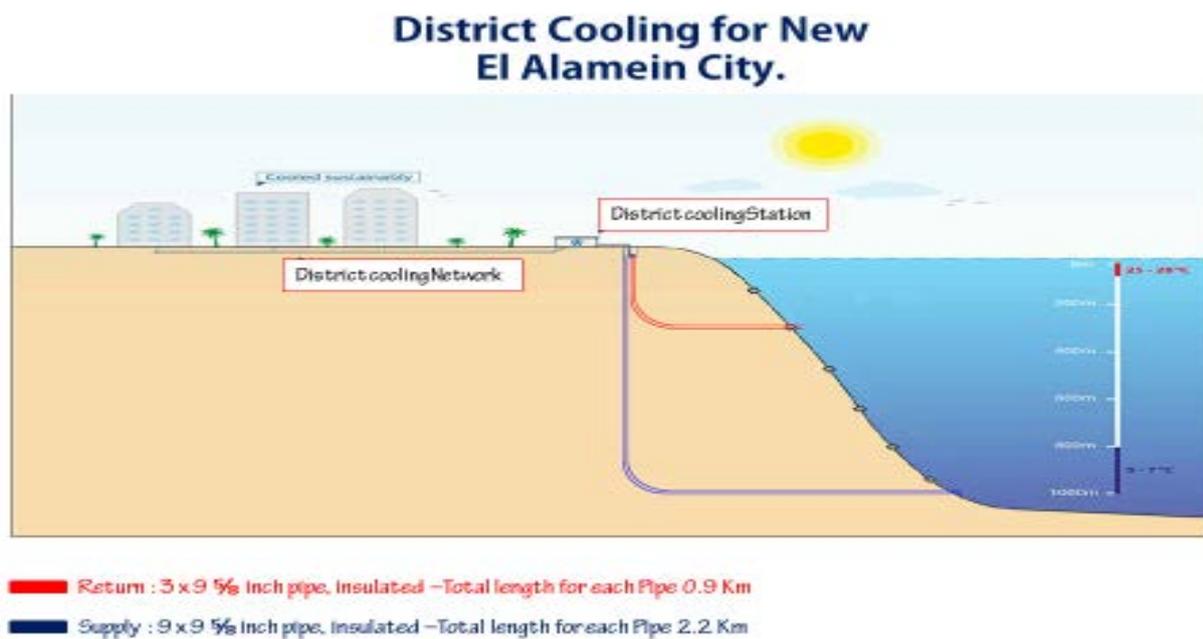


Figure 2.2: Example of Deep Sea Cooling or Free Cooling for a City.

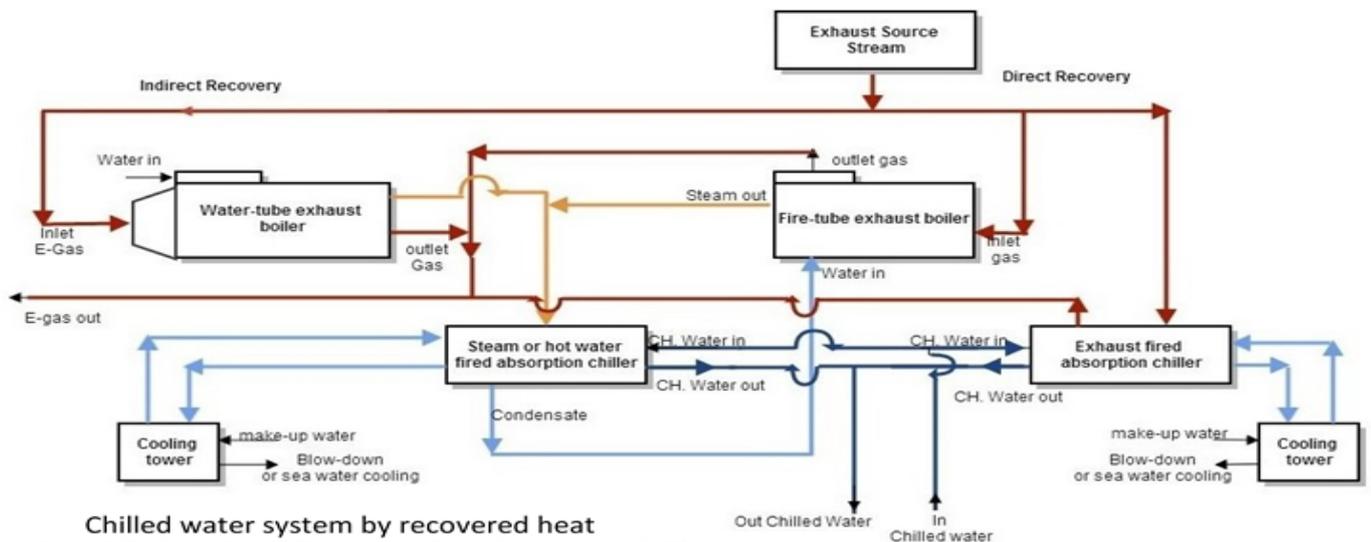


Figure 2.3: Schematic diagram of Exhaust and steam fired absorption chiller.

Figure 2.3 shows a schematic diagram of exhaust and steam fired absorption chiller. When the exhaust stream is relatively clean, with small amount of Sulphur oxides (SO<sub>x</sub>) and Nitrogen oxides (NO<sub>x</sub>) in the stream, it is possible to use the stream to fire directly an exhaust fired absorption chiller. Sulphur oxides and Nitrogen oxides when combined with condensate create acids that attack the generator of the absorption chiller and reduces its lifetime considerably. Therefore direct-fired exhaust absorption chillers have to be used with great caution and only when the exhaust stream composition is relatively free of these oxides. When the stream is not clean, a heat recovery boiler is recommended, either a water tube exhaust type or fire tube exhaust type depending on ease of cleaning the tubes from the inside or the outside. The system economics are excellent because of the negligible cost of the exhaust.

### B. Solar assisted chilled water absorption cooling systems.

Solar assisted chilled water absorption cooling systems utilises vacuum tube solar collectors or concentrated collectors to heat up water in a closed loop. This heated water fires hot water fired absorption chillers producing chilled water. The capital cost of vacuum or concentrated collectors constitute a large part of the system capital investment. This is why, despite the low operating cost of the system it is not economically feasible to construct the entirety of a chilled water system using solar-fired absorption system. Systems are constructed using 10 to 20 % of the total capacity produced by solar-fired absorption chiller. Systems of total capacities around 500 TR with 50 to 100 TR operating with solar collectors have been constructed and operate successfully. Larger capacities are not be economical. Figure 2.4 shows the schematic diagram of such a system.

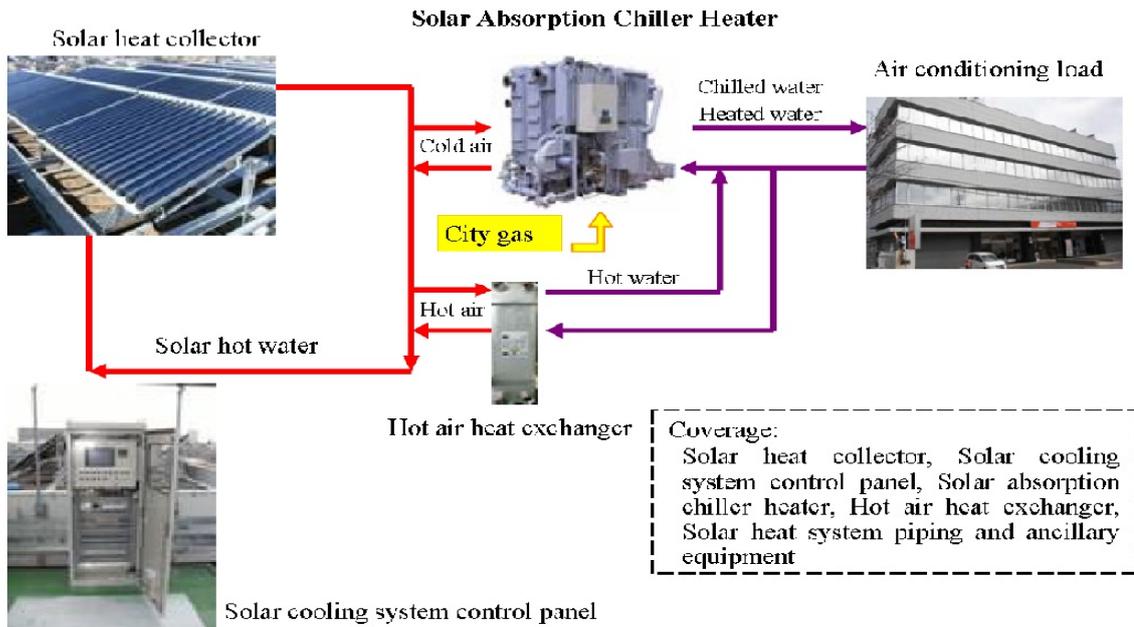


Figure 2.4: Solar assisted chilled water absorption cooling system.

### C. Natural gas fired double effect absorption chillers/heaters systems.

This system can be economically advantageous if the price of natural gas in a country is cheaper than that of electric power, which is usually the case. The system is not dependent on electric supply irregularities at on-peak periods; hence, it helps shave and stabilizes electric power demand. Furthermore, when it is responsible for taking care of on-peak surges in a system, it limits use of electric power in those peak periods and reduces power demand surcharges. Figure 2.5 shows an 8,000 TR DC plant with gas fired absorption chillers. There are three generations of absorption chillers. The most common are the Double Effect second-generation units with a heat ratio (efficiency) of 1.2 to 1.45

#### 8 000 TR gas fired absorption chiller plant



Figure 2.5: DC plant with 8000 TR gas fired absorption chiller/heaters.

## 2.2.5 Steam or hot water indirect fired absorption systems.

Indirect fired absorption systems operate with steam or hot water from industrial processes or from reject heat. Some of the most important examples are Turbine Inlet Cooling System (TIC) used to increase the efficiency of gas turbine power plants. In summer, the turbine efficiency deteriorate due to high ambient temperatures. Cooling combustion air inlet to turbine from ambient conditions to ISO conditions (15 °C) increases turbine efficiency thus increasing output up to 20%.

Figure 2.6 shows a typical schematic diagram for a TIC system utilizing steam or hot water from the Heat Reject Steam Generators (HRSG) of the power station.

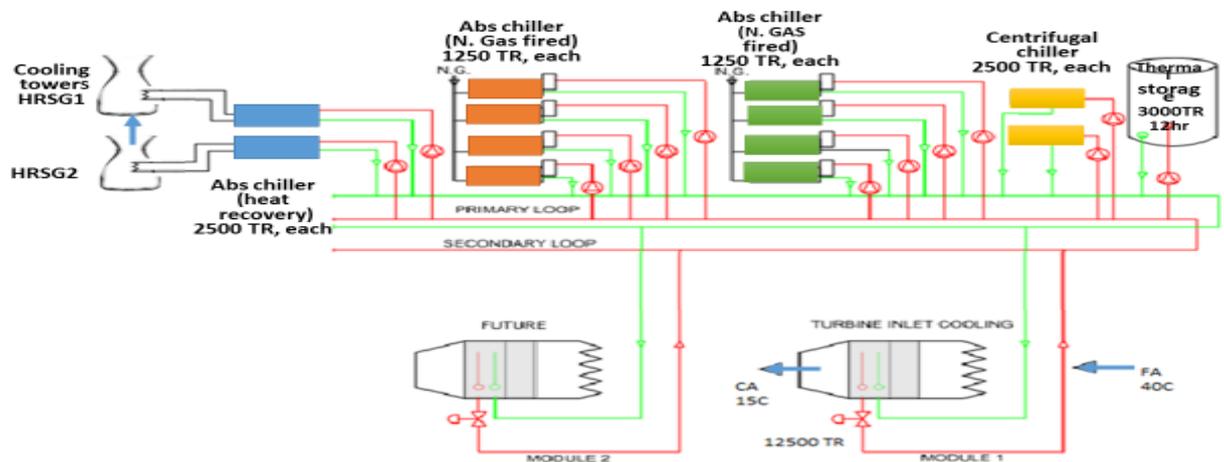


Figure 2.6: Turbine Inlet Cooling -TIC- in a power station using steam or hot water fired absorption chillers.

Figure 2.7 shows the TIC cooling coil installed at air inlet of the gas turbine. Other combination of natural gas fired absorption chillers, electric centrifugal chillers and Thermal Energy Storage (TES) tanks are used to optimize cooling techniques depending on availability of energy at demand.

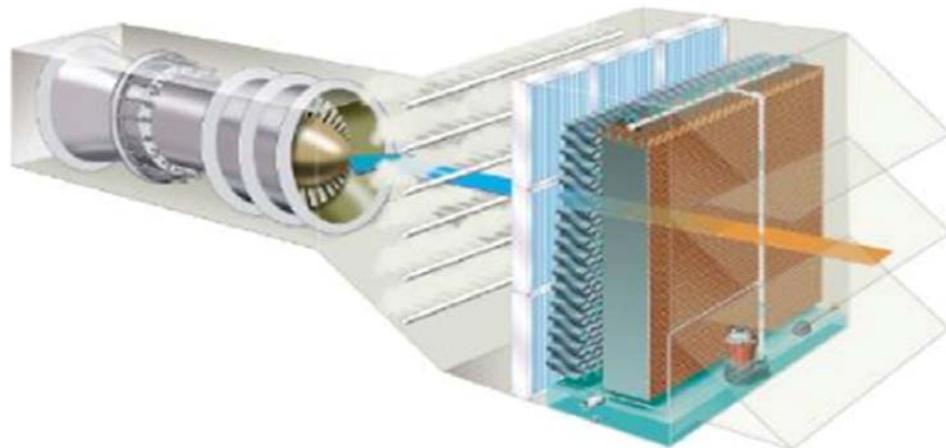


Figure 2.7: TIC cooling coil installed at the air inlet of the gas turbine.

### 3. Distribution Piping Networks Pumping Arrangements.

There are five chilled water distribution network-pumping arrangements. Those are

- A. Constant Flow Arrangement.
- B. Variable flow systems
- C. Variable Speed Primary Pumping.
- D. Primary-Secondary Pumping Arrangement.
- E. Primary-Secondary-Tertiary Pumping Arrangement.
- F. Primary-Secondary Distributed Pumping Arrangement.

Pumping arrangements differ depending of the cooling application chosen. There could be more than one arrangement suitable for a single application, although this is rare, usually one arrangement will be most economical to build and operate for a certain air conditioning system. The following text is a short description on the suitability of each pumping arrangement:

i. *Constant flow arrangement*

Applied to small capacity district cooling systems where the advantages of variable flow systems are not appreciable. Those advantages are primarily saving in electric energy with frequency inverters.

ii. *Variable Flow Arrangements*

The primary advantages of those arrangements are their reduced consumption of pumping energy and use of distribution system diversity, saving pumping energy. Those systems are used in relatively larger air conditioning systems.

iii. *Variable Speed Primary Pumping*

In this system, the primary pumping regulates chilled water flow according to load demand. Pumping energy consumption is reduced compared to constant speed. This system is suitable when the plant pumps can satisfy building's pressure drops, otherwise buildings with larger pressure drops may not be served adequately.

iv. *Primary-secondary pumping arrangement.*

This system is used when the chilled water distribution system is long, and the variable primary system cannot cope with flows and pressure drops. This arrangement is flexible when an expansion scheme is not clear at inception, and additional buildings may be added at a later stage.

v. *Primary-secondary-tertiary pumping arrangement.*

It may be necessary, when supply and return chilled water distribution lines become too long with heavy loads in building, to add in-building pumps to provide necessary flow and pressure for each building. These systems are also commonly used in district cooling systems.

vi. Primary-secondary distributed pumping arrangement.

Some systems may have a very large cooling load. It is possible for this system to use a primary-secondary distributed pumping arrangement. This system is probably the most suited system for large applications, because it eliminates secondary pumps in central plants. Reduction in total chilled water pump power of 20%–25% is possible. Although this system is highly attractive, it is not suitable when additional buildings may be added at a later stage. The chilled water supply gradient pressure is lower than the return gradient in those systems. Pipes are oversized compared to other systems, which increases the initial capital cost. The operational savings mitigate all those factors in large systems.

4. District Energy for a city using reject heat in power stations.

Figure 2.8 is a Sankey diagram <sup>(4)</sup> that shows two scenarios to provide heating, cooling, and electricity to a city. One scenario uses a traditional coal-fired power station, business as usual (BAU) scenario, whereas the second scenario uses natural gas in a modern combined heat and power (CHP) station.

In the first scenario with a conventional power station, the typical average thermal efficiency of this simple cycle power station is around 35%. More advanced power stations with combined cycles have thermal efficiencies around 45%. Natural gas-fired CHP stations that recover exhaust gases have overall thermal efficiencies of 80%–90%, and sometimes even higher.

This is why the total primary energy utilized in BAU scenarios shown in Figure 2.6 is 601.6 GWh compared to a primary energy utilization of 308.2 GWh with a CHP station. This is a savings of 293.4 GWh or 48.8% compared to BAU, although in both cases the same energy is produced and taken up by end users: 100 GWh of heat, 100 GWh of cooling, and 100 GWh of electricity.

High thermal efficiencies were obtained because recovered heat was used to fire absorption chillers and assisted by wind and geothermal heat. District heating and cooling technology is utilized with this modern CHP station.

This is why district cooling <sup>(5), (6), (7), (8)</sup> and heating is such an important technology. It reduces carbon footprint, increases efficiency of power stations especially when coupled with recovered process heat, and makes use of diversity factors in reducing overall heating and cooling needs. However, district cooling and heating can also be applied at a district level, not only at the power station level.

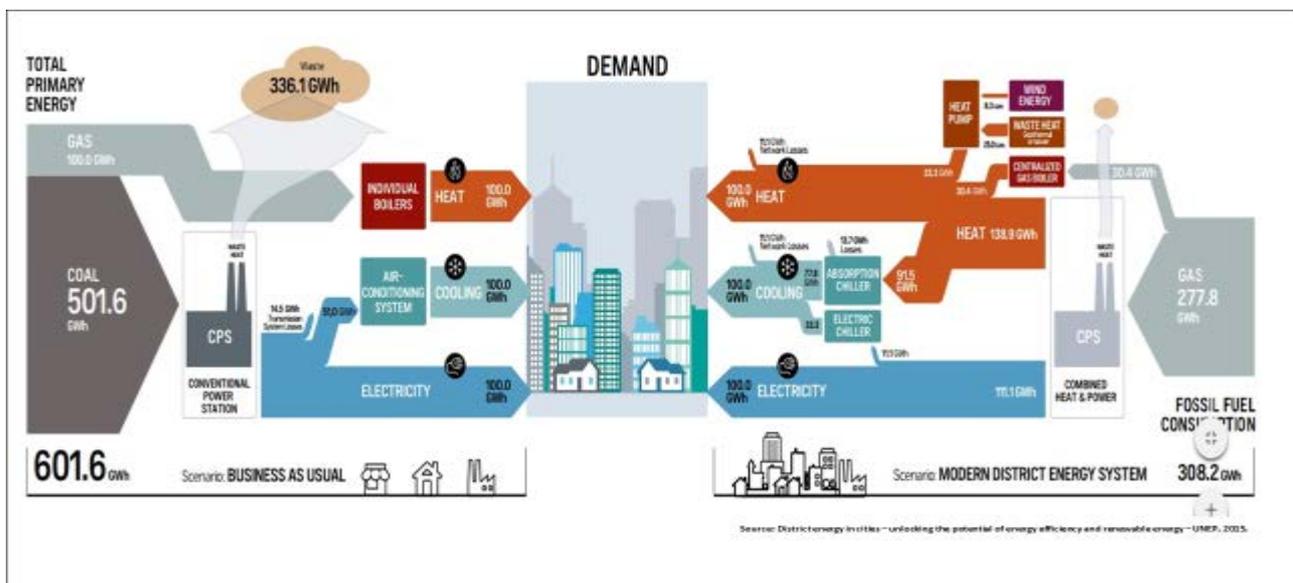


Figure 2.8: The economic and environmental benefits of district cooling in a modern power station for a city.

## 5. Load Interface Techniques and Energy Calculation Methods.

District cooling systems are connected to distribution networks through load interfaces. These in turn are connected to end users by one of the two methods:

- Direct connections.
- Indirect connections.

Both types of connections are used successfully. The type of connection used depends on the nature and application of the district cooling system.

Direct connections:

The same chilled water produced circulates in the DC plant and the distribution network. Therefore, there is no interface between the chilled water of the plant and in-building distribution network, and hence no separation of chilled water between the production, distribution, and in-building HVAC system. Some insurance companies' demand that direct connection not be used in large DC systems because of the DC provider liabilities in case flooding occurs due to chilled water leaks, which may result in buildings being flooded.

Indirect connections:

In indirect connection, an interface is used, usually a plate heat exchanger. Plate heat exchangers are the preferred heat exchangers in DC systems because traditional shell and tube or shell and coil heat exchangers are bulkier when they are designed to operate at the small approach temperatures in use in DC systems. Those are normally 0.5 to 2°C. In addition, traditional heat exchangers are often more costly. Space is limited in DC buildings' mechanical rooms and is at a premium, especially in commercial and administrative applications. Rent is often considerable.

Metering and energy meters:

To measure the energy used by end users, energy meters are installed at the building's mechanical rooms. Energy meters utilize equipment for measuring flow, temperature differences between supply and return of chilled water, time duration between two readings and an energy calculator. There are two types of energy meters: dynamic and static.

Collection of DC meter readings:

Collecting energy meter data is done either at the meter or remotely. Local reading of meter uses a handheld terminal that connects to the meter. Remote energy meter reading is made wirelessly by a radio signal from a device in the meter, via the telephone network, or via an Internet connection. In energy meters fitted with radio frequency modules, RF concentrator connected to a central computer uploads the data, and bills can be produced for each end user. In meters connected via the Internet, meters are fitted with a TCP/IP module and can be read by a central computer. Often there is a need for submetering, when a building is rented to more than one end user. In this case, a secondary sub meter is needed or the use of water meters at end users to measure flow rates and allocate sub meter reading proportionally according to water flow meter readings. This method is more economical than using sub meters and is cost effective. Another method used by some DC providers is to calculate individual consumption by floor area of the space instead of submetering. This method does not provide incentives for end user to conserve energy.

## 6. Daily Cooling Load Profile, Diversity Factors and Thermal Energy Storage (TES).

### Daily Cooling Load Profile:

Several important factors must be clearly defined when designing a district cooling system. Some of the most important factors are the daily cooling load demand curve and peak loads. A customer design engineer or consultant usually defines a building's cooling load. Those buildings could be administrative, shopping malls, hotels, schools, and other types of buildings. Cooling load estimates of those buildings will usually vary a great deal from building to building. An administrative building's cooling load estimate will probably include loads attributed to the prevalent weather, loads of occupants, electrical and electronic appliances, lighting and other loads. Those cooling load estimates will differ from those of a shopping mall, where the occupant's load will probably constitute the major part. The same applies to other buildings as well where the loads will vary a great deal. Shopping mall loads peak at a different time of the day compared to administrative loads or residential loads. Deciding how large also when those loads occur is of crucial importance in calculating the total design load of a district cooling plant. In estimating the cooling load of buildings for a certain district, it is possible to use computerized simulation programs and thus obtain an accurate understanding of peak loads' occurrence and their magnitude.

### Diversity Factors:

Individual buildings peak at different times. This is why the coincident overall peak demand of a district cooling system depends on the sum of each individual building peak demand at certain time of the day. Diversity factors are used to calculate the overall peak load of a district cooling system. Those diversity factors may be as low as 0.6 or 0.7 of the sum of individual building peak demands, in applications where there is a great diversity of use. There are different types of diversity factors. Diversity factors inside a building are dependent on the actual use pattern of a building. Diversity factors between one building and the other in a district depend on each building's function, orientation, use, and diversity factors between district cooling plants that may be serving a single district's distribution network. Chilled water-piping networks are also subject to diversity factors between distribution loops serving different buildings in parallel. All those diversity factors must be taken into account when calculating the overall peak demand of a district cooling system and when designing chilled water distribution networks.

### Thermal Energy Storage (TES):

Thermal energy storage (TES) stores cooling enthalpy during off-peak times to use during on-peak times. A specially constructed insulated tank stores the cooling energy at off-peak times and uses it at on-peak times. This technique allows using fewer chillers at on-peak times than those necessary to cope with peaks in the daily cooling load demand curve.

The rating of TES is based on its ability to hold a certain refrigeration capacity for so many hours. For example, a 20,000 TR.h capacity TES will hold 10,000 TR for 2 h or 5,000 TR for 4 h or other combinations totalling 20,000 TR.h. District cooling systems have incorporated successfully TES systems for many years. TES is accepted as an integral part of all air conditioning systems.

Applications range from universities, colleges, airports, museums, sport complexes, and hospitals to leisure centres and administrative buildings; military facilities use TES as do many other applications. The most widely used TES system is the stratified tank type.

## Annexe VII

**TEXTE À INCLURE DANS L'ACCORD ACTUALISÉ ENTRE LE GOUVERNEMENT DES PHILIPPINES ET LE COMITÉ EXÉCUTIF DU FONDS MULTILATÉRAL, POUR LA RÉDUCTION DE LA CONSOMMATION D'HYDROCHLOROFLUOROCARBONES AU TITRE DE LA PHASE II DU PLAN DE GESTION DE L'ÉLIMINATION DES HCFC**  
(Les changements pertinents sont indiqués en caractères gras afin d'en faciliter la consultation)

9. Le Pays accepte l'entière responsabilité de la gestion et de la mise en œuvre du présent Accord et de toutes les activités entreprises en son nom afin de respecter les obligations énoncées au titre de cet Accord. L'ONUDI a accepté d'agir en qualité d'agence d'exécution principale (agence principale) pour tout ce qui a trait aux activités de ce Pays au titre de l'Accord. Le Pays accepte que des évaluations soient menées dans le cadre des programmes de travail de suivi et évaluation du Fonds multilatéral et du programme d'évaluation de l'agence principale participant à cet Accord.

17. À la 83<sup>e</sup> réunion, la Banque mondiale a cessé d'être l'agence d'exécution principale des activités du Pays au titre de cet Accord. Par conséquent, les responsabilités de la Banque mondiale prennent fin à la 82<sup>e</sup> réunion. L'Accord actualisé remplace l'Accord conclu entre le gouvernement des Philippines et le Comité exécutif à la 80<sup>e</sup> réunion du Comité exécutif.

### APPENDICE 2-A : OBJECTIFS ET FINANCEMENT

Ligne	Détails	2017	2018	2019	2020	2021	Total
1.1	Calendrier de réduction des substances du groupe I de l'annexe C du Protocole de Montréal (tonnes PAO)	187,56	187,56	187,56	135,46	135,46	n/a
1.2	Consommation totale maximum autorisée des substances du groupe I de l'annexe C (tonnes PAO)	129,52	129,52	129,52	105,87	82,56	n/a
2.1	Financement convenu pour l'agence principale (ONUDI) (\$US)	1 010 023	0	1 450 029	0	290 005	2 750 057
2.2	Coûts d'appui pour l'agence principale (\$US)	70 702	0	101 502	0	20 300	192 504
3.1	Financement total convenu (\$US)	1 010 023	0	1 450 029	0	290 005	2 750 057
3.2	Total des coûts d'appui (\$US)	70 702	0	101 502	0	20 300	192 504
3.3	Total des coûts convenus (\$US)	1 080 725	0	1 551 531	0	310 305	2 942 561
4.1.1	Élimination totale de HCFC-22 convenue aux termes du présent Accord (tonnes PAO)						23,44
4.1.2	Élimination du HCFC-22 à réaliser dans le cadre de projets approuvés précédemment (tonnes PAO)						2,00
4.1.3	Consommation restante admissible de HCFC-22 (tonnes PAO)						83,88
4.2.1	Élimination totale de HCFC-123 convenue aux termes du présent Accord (tonnes PAO)						0,00
4.2.2	Élimination du HCFC-123 à réaliser dans le cadre de projets approuvés précédemment (tonnes PAO)						0,00
4.2.3	Consommation restante admissible de HCFC-123 (tonnes PAO)						1,70
4.3.1	Élimination totale de HCFC-141b convenue aux termes du présent Accord (tonnes PAO)						1,15
4.3.2	Élimination du HCFC-141b à réaliser dans le cadre de projets approuvés précédemment (tonnes PAO)						43,00
4.3.3	Consommation restante admissible de HCFC-141b (tonnes PAO)						7,70