



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



Distr.
GÉNÉRALE

UNEP/OzL.Pro/ExCom/84/49
29 novembre 2019

FRANÇAIS
ORIGINAL : ANGLAIS

COMITE EXECUTIF
DU FONDS MULTILATERAL AUX FINS
D'APPLICATION DU PROTOCOLE DE MONTREAL
Quatre-vingt-quatrième réunion
Montréal, 16 – 20 décembre 2019

PROPOSITIONS DE PROJET : ÉGYPTE

Le présent document comporte les observations et les recommandations du Secrétariat du Fonds sur les propositions de projet suivantes :

Élimination

- Plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase I, rapport périodique final) ONUDI et PNUD
- Plan de gestion de l'élimination des HCFC (phase II, deuxième tranche) ONUDI, PNUD, PNUE et le gouvernement de l'Allemagne

Phase I du plan de gestion de l'élimination des HCFC pour l'Égypte (rapport périodique final) (ONUDI et PNUD)

Contexte

1. Au nom du gouvernement de l'Égypte, l'ONUDI, en qualité d'agence d'exécution principale a présenté ce qui suit :

- (a) Le rapport périodique de la mise en œuvre de la troisième tranche de la phase I du plan de gestion de l'élimination des HCFC (PGEH) pour l'Égypte ;
- (b) Un rapport sur l'état de la reconversion des sociétés de formulation, des 81 petites et moyennes entreprises (PME) et des 350 très petits utilisateurs, et le rapport sur l'état de l'utilisation de la technologie provisoire (décision 82/72(b)(i) et (iv)) ; et
- (c) Le rapport sur le projet de promotion des frigorigènes à faible potentiel de réchauffement de la planète (PRP) concernant l'industrie de la climatisation en Égypte (EGYPRA).

Contexte de la phase I du PGEH

Secteur de la fabrication

2. Les neuf entreprises de fabrication de mousses de polyuréthane incluses dans la phase I¹ ont achevé leur reconversion complète qui s'est accompagnée d'une élimination totale de 92,1 tonnes PAO de HCFC-141b. La phase I du PGEH incluait également un projet de reconversion de 81 PME et de 350 très petits utilisateurs à l'utilisation du formiate de méthyle ou d'une autre technologie à faible PRP (à choisir au cours de la mise en œuvre), avec le soutien de leurs sociétés de formulation et de leurs distributeurs, afin d'éliminer 75,74 tonnes PAO de HCFC-141b. Le financement a été approuvé pour la reconversion des équipements dans deux sociétés de formulation au capital relevant de l'article 5 et incluait l'assistance technique pour toutes les sociétés de formulation et les distributeurs, et pour la reconversion des PME.

3. À la 82^e réunion, il a été indiqué qu'une société de formulation locale (Technocom) et une société au capital ne relevant pas de l'article 5 (Dow) avaient été reconverties. Aucun financement n'a été alloué à Dow par le Fonds Multilatéral pour la reconversion des équipements ; toutefois une assistance technique a été financée soutenant l'introduction d'agents de remplacement pour le gonflage des mousses chez les utilisateurs en aval. Une société de formulation s'est retirée du projet (Obeigi) et un mémorandum d'entente (MdE)² devait être signé avec une autre (Baalbaki). Au total, 24 utilisateurs en aval avaient bénéficié d'une assistance. La reconversion des 57 utilisateurs en aval restants devrait être achevée d'ici la fin de 2019.

4. Également lors de la 82^e réunion, il a été indiqué que deux sociétés de formulation (Dow et Technocom) étaient en train d'élaborer des formulations à faible PRP à base d'eau et d'hydrofluoro-oléfinés (HFO), mais utilisant également du HFC-245fa, du HFC-365mfc et du HFC-227ea, des substances réglementées en vertu de l'Amendement de Kigali, en dépit du fait qu'il avait été prévu que l'utilisation de produits de remplacement à PRP élevé soit temporaire et que cette utilisation soit éliminée d'ici 2015 au plus tard. Le PNUD a confirmé qu'aucune autre assistance ne serait demandée pour les

¹ Y compris six entreprises (dont le financement a été approuvé à la 62^e réunion) incluses dans la phase I de la 65^e réunion. Le projet d'élimination du HCFC-141b chez Delta Electric Appliances, pour un montant total de 422 740 \$US plus des coûts d'appui d'agence, a été approuvé à la 62^e réunion. Après l'achat d'une entreprise par une entité ne relevant pas de l'article 5, le projet a été annulé et le financement approuvé a été retourné au Fonds à la 70^e réunion.

² Disposition de mise en œuvre du projet du PNUD.

utilisateurs en aval qui avaient bénéficié d'une assistance dans le cadre de la phase I du projet des sociétés de formulation parce qu'ils s'étaient engagés à se reconvertir à des technologies à faible PRP. Le PNUD a également confirmé que des coûts différentiels d'exploitation n'avaient pas été accordés aux consommateurs et ne le seraient pas non plus tant qu'une technologie à faible PRP ne serait pas utilisée, conformément à la décision 77/35(a)(vi).

5. Lors de la 83^e réunion, il a été indiqué que le MdE conclu avec Baalbaki avait été signé en vue de la reconversion de huit clients pour éliminer 53,7 tm de HCFC-141b. Un addenda au MdE signé avec Technocom a été préparé afin de reconvertir 12 clients supplémentaires en vue d'éliminer 11,37 tonnes PAO de HCFC-141b ; ce MdE devait être signé en mai 2019. Les technologies de remplacement prévues 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 sur une base provisoire. À ce moment-là, aucun micro-usager n'avait fait l'objet d'une reconversion ; le début de ces reconversions était prévu dans la deuxième moitié de 2019.

6. En ce qui concerne l'état d'avancement de l'utilisation de la technologie, le PNUD a fait savoir que les formules à base d'eau ont été introduites par Dow et Technocom, et approuvées par les clients pour certaines applications ; des études supplémentaires sur les performances des HFO dans les polyols étaient nécessaires, du fait que certaines sociétés de formulation avaient signalé des problèmes dans la préparation des formules, notamment concernant leur stabilité. Le PNUD a continué à suivre la situation et des consultations avec les unités nationales de l'ozone (UNO) à propos des obstacles à l'introduction des technologies à faible PRP étaient prévues pour mai 2019.

Activités de facilitation dans le secteur de la réfrigération et de la climatisation

7. L'initiative EGYBRA a été lancée en 2014 afin d'évaluer des solutions de remplacement à faible PRP dans le secteur de la climatisation domestique et commerciale en fabriquant et en essayant des prototypes utilisant différentes solutions de remplacement des HCFC, afin de comparer le rendement et l'efficacité de ces solutions, notamment dans une température ambiante élevée. Le projet a fait des essais sur des prototypes de climatiseurs à système bibloc fabriqués sur mesure, avec des capacités comprises entre 12 000 BTU/h et 24 000 BTU/h³, et des prototypes de climatiseurs à unité centrale, ayant une capacité de refroidissement de 120 000 BTU/h⁴, destinés à fonctionner avec des frigorigènes de remplacement afin de comparer leurs performances par rapport aux unités de référence à base de HCFC-22 et R-410A.

Rapport sur la consommation de HCFC

8. Le gouvernement de l'Égypte a fait part d'une consommation de 287,45 tonnes PAO de HCFC en 2018, quantité de 26 pour cent inférieure à la valeur de référence des HCFC aux fins de conformité. La consommation de HCFC pour la période 2014-2018 est indiquée au tableau 1.

Tableau 1. Consommation de HCFC en Égypte (2014-2018, données au titre de l'article 7)

| HCFC | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | Valeur de référence |
|-------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|---------------------|
| Tonnes métriques | | | | | | |
| HCFC-22 | 3 172,59 | 4 038,97 | 4 767,59 | 4 472,52 | 3 919,38 | 4 367,16 |
| HCFC-123 | 0 | 9,07 | 5,00 | 1,64 | 2,00 | 5,25 |
| HCFC-124 | 0,27 | 2,70 | 0,00 | 2,09 | 0,00 | 0 |
| HCFC-141b | 1 118,78 | 1 072,75 | 731,53 | 871,01 | 629,47 | 1 178,26 |

³ BTU = British Thermal Unit/ Unité thermique britannique. En tonnes de réfrigération (TR), 12 000 – 24 000 BTU/h équivalent à 1-2 TR.

⁴ 120 000 BTU/h = 10 TR.

| HCFC | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | Valeur de référence |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|---------------------|
| Tonnes métriques | | | | | | |
| HCFC-142b | 146,49 | 42,04 | 57,53 | 70,54 | 40,02 | 251,69 |
| Total (tm) | 4 438,13 | 5 165,53 | 5 561,66 | 5 417,80 | 4 590,87 | 5 802,36 |
| HCFC-141b dans les polyols prémélangés importés | 120,00 | 100,00 | 177,80 | 87,95 | 0 | 894,00* |
| Tonnes PAO | | | | | | |
| HCFC-22 | 174,49 | 222,14 | 262,22 | 245,99 | 215,57 | 240,19 |
| HCFC-123 | 0 | 0,18 | 0,10 | 0,03 | 0,04 | 0,11 |
| HCFC-124 | 0,01 | 0,06 | 0,00 | 0,05 | 0,00 | 0,00 |
| HCFC-141b | 123,07 | 118,00 | 80,47 | 95,81 | 69,24 | 129,61 |
| HCFC-142b | 9,52 | 2,73 | 3,74 | 4,59 | 2,60 | 16,36 |
| Total (tonnes PAO) | 307,09 | 343,12 | 346,53 | 346,46 | 287,45 | 386,27 |
| HCFC-141b dans les polyols prémélangés importés | 13,20 | 11,00 | 19,56 | 9,67 | 0 | 98,34* |

*Moyenne de la consommation 2007-2009.

9. Le HCFC-22 est utilisé dans la fabrication et l'entretien des équipements de réfrigération et de climatisation et dans la fabrication des mousses de polystyrène extrudé (XPS). La consommation de HCFC-22 a baissé dans la fabrication comme dans l'entretien des équipements de réfrigération et de climatisation du fait de la réduction des exportations de dispositifs de climatisation contenant du HCFC-22 et de l'amélioration des pratiques d'entretien. Étant donné les reconversions intervenues dans le secteur de la fabrication des mousses de polyuréthane, la diminution du HCFC-141b (pur) se poursuit tandis que, conformément à l'interdiction de 2018, aucun HCFC-141b contenu dans des polyols prémélangés importés n'a été communiqué en 2018. Le HCFC-142b, qui est utilisé dans la fabrication des mousses de polystyrène extrudé, est importé en tant que composant du R-406A, un mélange de substitution directe pour des équipements à base de CFC-12

Rapport de mise en œuvre du programme de pays

10. Le gouvernement de l'Égypte a communiqué, dans le cadre du rapport de mise en œuvre de son programme de pays de 2018, des données de consommation de HCFC par secteur qui sont conformes aux données communiquées au titre de l'article 7 du Protocole de Montréal.

Rapport périodique sur la mise en œuvre de la troisième tranche du PGEH

Cadre juridique

11. Le système d'autorisation et de quotas des HCFC (excepté pour le HCFC-141b dans les polyols prémélangés importés) est entré en vigueur en 2013. Le gouvernement a interdit les importations de HCFC-141b dans des polyols prémélangés à compter du 1^{er} janvier 2018. Cette interdiction est mise en œuvre sur la base de la coopération entre l'Agence égyptienne des affaires environnementales (EEAA) et les Autorités douanières, dans le cadre de laquelle ces dernières vérifient, avec l'assistance de l'UNO, toutes les importations de polyols selon le code général du Système harmonisé. Conformément à la décision 79/34(c)(ii), le gouvernement interdira l'importation, l'utilisation et l'exportation de HCFC-141b en vrac et l'exportation du HCFC-141b contenu dans les polyols prémélangés à compter du 1^{er} janvier 2020.

Secteur de la fabrication

12. Le projet de reconversion de 81 PME pour passer à une technologie à faible PRP avance, un MdE ayant été signé avec trois sociétés de formulation, Baalbaki, Dow et Technocom, pour la reconversion de

64 clients en aval ; un addenda au MdE conclu avec Baalbaki pour la reconversion de six clients supplémentaires devait être signé d'ici le 30 novembre 2019. Sur les 64 clients en aval, 44 avaient effectué leur reconversion et signé l'engagement d'arrêter d'utiliser des formules contenant des HCFC ; trois autres clients également reconvertis s'apprêtent à signer ce genre d'engagement, ce qui devrait se faire d'ici la fin de 2019. Le nombre exact de clients en aval restants sera confirmé au cours de la mise en œuvre ; la reconversion de tous les clients en aval devrait être achevée d'ici la fin de 2019.

13. La plupart des très petits utilisateurs achètent irrégulièrement des formules et le font plutôt par l'intermédiaire de distributeurs que directement auprès des sociétés de formulation, ce qui rend leur identification difficile. Un atelier de sensibilisation a été organisé en septembre 2019 pour identifier l'ensemble des très petits utilisateurs afin de s'assurer qu'ils achèveront la reconversion à des substances de remplacement sans HCFC d'ici le 1^{er} janvier 2020. Jusqu'à présent, aucun très petit utilisateur n'a procédé à une reconversion avec l'assistance du projet.

Rapport sur l'état d'avancement de l'utilisation de la technologie provisoire

14. Les trois sociétés de formulation, Baalbaki, Dow et Technocom, ont réussi à assurer la reconversion de leurs clients en aval pour passer à des produits de remplacement à faible PRP, notamment l'eau, les hydrofluoro-oléfinés (HFO) et le formiate de méthyle. Les sociétés de formulation produisent également des formules à PRP élevé et les vendent aux clients en aval, mais pas à ceux qui bénéficient d'une aide dans le cadre du projet.

15. Une société de formulation avait auparavant fait part de problèmes de traitement avec un HFO. Sur une base provisoire, cette société avait adopté un HFO différent, ce qui avait résolu le problème ; toutefois ce HFO était plus cher et, du fait de sa nouvelle introduction dans la région, on craignait des interruptions de livraison. Le PNUD continue à suivre la situation et prévoit que la société de formulation sera en mesure de résoudre les problèmes de traitement rencontrés avec le HFO initial, comme l'ont fait les deux autres sociétés.

Activités de facilitation dans le secteur de la réfrigération et de la climatisation

16. Dix-neuf prototypes de climatiseurs biblocs fabriqués sur mesure avec des compresseurs dédiés fournis par plusieurs entreprises ont été testés dans des laboratoires locaux accrédités disponibles avec des frigorigènes livrés par Arkema, Chemours, Daikin et Honeywell. Les détails des résultats des tests figurent à l'annexe I au présent document. Les résultats d'EGYPRA ont présidé à la sélection des solutions de remplacement à faible PRP dans les entreprises du secteur de la fabrication de climatiseurs résidentiels.

Niveau de décaissement du financement

17. En date d'octobre 2019, sur les 6 148 975 \$US⁵ approuvés jusqu'à présent, 4 265 938 \$US avaient été décaissés (1 255 811 \$US pour l'ONUDI et 3 010 120 \$US pour le PNUD) comme l'indique le tableau 2. Le solde de 1 883 037 \$US sera décaissé en 2019 et 2020.

Tableau 2. Rapport financier de la phase I du PGEH pour l'Égypte (\$US)

| Tranches | | ONUDI | PNUD | Total | Taux de décaissement (%) |
|------------------|----------|---------|-----------|-----------|--------------------------|
| Première tranche | Approuvé | 950 000 | 2 000 000 | 2 950 000 | 98 |
| | Décaissé | 950 000 | 1 954 628 | 2 904 628 | |
| Deuxième tranche | Approuvé | 250 000 | 2 000 000 | 2 250 000 | 58 |

⁵ De plus, une somme de 2 371 840 \$US, plus coûts d'appui d'agence, a été approuvée à la 62^e réunion pour six projets d'investissement et incluse dans la phase I (excluant le financement de Delta Electric Appliances qui a été par la suite retiré de la phase I).

| Tranches | | ONUDI | PNUD | Total | Taux de décaissement (%) |
|-------------------|----------|-----------|-----------|-----------|--------------------------|
| | Décaissé | 250 000 | 1 055 492 | 1 305 492 | |
| Troisième tranche | Approuvé | 232 575 | 716 400 | 948 975 | 6 |
| | Décaissé | 55 818 | 0 | 55 818 | |
| Total | Approuvé | 1 432 575 | 4 716 400 | 6 148 975 | 69 |
| | Décaissé | 1 255 818 | 3 010 120 | 4 265 938 | |

Observations du Secrétariat

Observations concernant le rapport annuel de la phase I du PGEH

Cadre juridique

18. Le gouvernement de l'Égypte a fixé pour 2019 les quotas d'importation de HCFC à 289,7 tonnes PAO, ce qui est inférieur aux objectifs de réglementation du Protocole de Montréal et conforme aux objectifs spécifiés dans l'accord conclu entre le pays et le Comité exécutif.

Rapport sur l'état d'avancement de l'utilisation de la technologie provisoire

19. Tandis que trois sociétés de formulation ont réussi à assurer la reconversion de leurs clients en aval pour passer à des produits de remplacement à faible PRP, notamment l'eau, les hydrofluoro-oléfinés (HFO) et le formiate de méthyle, ces sociétés produisent également des formules à PRP élevé et les vendent à des clients autres que ceux qui bénéficient d'une aide dans le cadre du projet. Afin d'assurer l'usage durable des solutions de remplacement à faible PRP chez les clients en aval une fois le projet achevé, la procédure du protocole de transfert du PNUD n'autorisera pas les sociétés de formulation à utiliser des produits de remplacement à PRP élevé chez les clients en aval qui ont participé au projet.

Activités de facilitation dans le secteur de la réfrigération et de la climatisation

20. Le Secrétariat a pris note avec satisfaction du rapport détaillé de l'EGYPRA. Bien que les tests sur les climatiseurs blocs soient achevés, un délai supplémentaire est requis pour terminer les essais sur les unités centrales, qui sont déjà fabriquées, afin de rédiger le rapport final qui sera soumis à la 86^e réunion, et pour achever les travaux sur un outil de modélisation qui pourrait être utilisé par les fabricants locaux. En conséquence, l'ONUDI a demandé de prolonger la date d'achèvement de la phase I du PGEH jusqu'au 30 juin 2020, notant que tous les autres volets de la phase I seraient achevés d'ici le 31 décembre 2019, que le rapport d'achèvement de projet serait soumis à la 87^e réunion et que l'ONUDI restituerait tous les soldes d'ici le 30 juin 2020, tandis que le PNUD pour sa part les restituerait d'ici le 31 décembre 2020 (conformément à la date de la clôture financière du secteur des mousses de polyuréthane).

21. Du fait de sa pertinence pour la sélection de solutions de remplacement à faible PRP dans le secteur de la fabrication d'équipements de climatisation, le résumé du Secrétariat du rapport de l'EGYPRA ainsi que le rapport intégral sont joints en annexe au présent document. Les résultats de l'EGYPRA ont contribué directement à la sélection de la technologie pour le projet de reconversion visant cinq fabricants de climatiseurs résidentiels à des solutions de remplacement à faible PRP soumis à la présente réunion, conformément à la décision 79/34(d). Dès que le rapport final sera disponible, il sera posté sur le site internet du Fonds Multilatéral⁶.

⁶ Fiches d'information et rapports finals se rapportant aux projets de démonstration sur les solutions de remplacement à faible PRP des technologies à base de HCFC, <http://multilateralfund.org/Our%20Work/DemonProject/default.aspx>

22. Le Secrétariat a voulu savoir si les constatations et les conclusions de l'EGYPRA étaient identiques à celles d'autres programmes d'essais qui avaient également testé des solutions de remplacement à faible PRP dans le secteur de la fabrication d'équipements de climatisation, notamment des projets de démonstration financés par le Fonds Multilatéral. L'EGYPRA n'a pas été comparé avec le rapport final sur le projet de démonstration chez des fabricants de climatiseurs afin de développer des climatiseurs de fenêtre et des climatiseurs monoblocs utilisant des frigorigènes à faible PRP en Arabie Saoudite ni avec le rapport final sur le projet de démonstration de l'élimination du HCFC-22 dans la fabrication d'équipements de climatisation à usage commercial chez Industrias Thermotar Ltda en Colombie ; cependant, il a été comparé avec trois programmes d'essais : AREP-II⁷, ORNL⁸, et PRAHA⁹. Une description des caractéristiques distinctives d'EGYPRA et la comparaison avec les trois programmes d'essais figurent à l'annexe II du présent document.

Conclusion

23. Le gouvernement est en train de mettre en vigueur un système d'autorisation et de quotas pour les importations et les exportations de HCFC, et la consommation de 2018 est inférieure aux objectifs de réglementation du Protocole de Montréal et ceux stipulés dans l'accord conclu avec le Comité exécutif. L'interdiction des importations de HCFC-141b dans les polyols prémélangés est en place depuis le 1^{er} janvier 2018, et l'interdiction des importations, utilisations et exportations de HCFC-141b en vrac et des exportations de HCFC-141b contenu dans les polyols prémélangés sera mise en place le 1^{er} janvier 2020. Le taux de décaissement global est de 69 pour cent. Les activités d'assistance technique dans le secteur de la réfrigération et de la climatisation ont été mises en œuvre avec succès avec des constructions de prototypes de climatiseurs aussi bien domestiques que commerciaux, bien qu'un délai supplémentaire soit nécessaire pour tester les unités centrales de climatiseurs qui sont déjà fabriquées ; en conséquence une prolongation est nécessaire jusqu'au 30 juin 2020. Les trois sociétés de formulation ont réussi à assurer la reconversion de leurs clients en aval à des solutions de remplacement à faible PRP et celle du secteur des mousses sera achevée d'ici le 31 décembre 2019.

Recommandation du Secrétariat

24. Le Comité exécutif pourrait envisager :

- (a) De prendre note des informations soumises par l'ONUDI, figurant dans le document UNEP/OzL.Pro/ExCom/84/49 :
 - (i) Le rapport périodique de la mise en œuvre de la troisième tranche de la phase I du plan de gestion de l'élimination des HCFC (PGEH) pour l'Égypte ;
 - (ii) Le rapport sur le projet de promotion des frigorigènes à faible potentiel de réchauffement de la planète concernant l'industrie de la climatisation en Égypte (EGYPRA) ;
 - (iii) Un rapport sur l'état de la reconversion des sociétés de formulation, des 81 petites et moyennes entreprises (PME) et des 350 très petits utilisateurs, et le rapport sur l'état de l'utilisation de la technologie provisoire ;

⁷ Programme d'évaluation des frigorigènes de remplacement AHRI, <http://www.ahrinet.org/arep>

⁸ Abdelaziz 2015 Abdelaziz O, Shrestha S, Munk J, Linkous R, Goetzler W, Guernsey M et Kassuga T, 2015. "Alternative Refrigerant Evaluation for High-Ambient-Temperature Environments: R-22 and R-410A Alternatives for Mini-Split Air Conditioners", ORNL/TM-2015/536. Consultable à l'adresse suivante : https://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/10/f27/bto_pub59157_101515.pdf.

⁹ Rapport du projet PRAHA : <https://www.unenvironment.org/resources/report/promoting-lowgwp-refrigerants-air-conditioning-sectors-high-ambient-temperature>

- (b) De noter que toutes les activités de la phase I du PGEH pour l'Égypte seront achevées d'ici le 31 décembre 2019, tous les soldes restants restitués d'ici le 31 décembre 2020, excepté pour un volet de l'ONUDI dans le secteur de l'entretien qui sera achevé d'ici le 30 juin 2020 ;
- (c) D'approuver la prolongation de la phase I du PGEH jusqu'au 30 juin 2020 pour permettre l'achèvement des activités mentionnées à l'alinéa (b) ;
- (d) Demander au gouvernement de l'Égypte et à l'ONUDI de soumettre le rapport final sur l'EGYPRA à la 86^e réunion ; et
- (e) Demander au gouvernement de l'Égypte et à l'ONUDI de soumettre des rapports périodiques sur une base annuelle sur la mise en œuvre du programme de travail associé à la tranche finale de la phase I dans le cadre de l'achèvement du projet, et le rapport d'achèvement de projet à la 87^e réunion.

FICHE D'ÉVALUATION DE PROJET - PROJETS PLURIANNUELS

Égypte

| | |
|--|---|
| (I) TITRE DU PROJET | AGENCE |
| Plan d'élimination des HCFC (Phase II) | ONUDI (agence principale) PNUD, PNUE, Allemagne |

| | | |
|--|--------------|---------------------|
| (II) DERNIÈRES DONNÉES CONFORMÉMENT À L'ARTICLE 7 (Annexe C Groupe I) | Année : 2018 | 287,45 (tonnes PAO) |
|--|--------------|---------------------|

| (III) DERNIÈRES DONNÉES SECTORIELLES DU PROGRAMME DE PAYS (tonnes PAO) | | | | | | | Année : 2018 | | |
|---|----------|---------|-------------------------|---------------|-----------|----------|-------------------------|-----------------------------|---------------------------------|
| Substance chimique | Aérosols | Mousses | Lutte contre l'incendie | Réfrigération | | Solvants | Agent de transformation | Utilisations en laboratoire | Consommation totale par secteur |
| | | | | Fabrication | Entretien | | | | |
| HCFC-22 | | 32,19 | | 85,83 | 97,54 | | | | 215,57 |
| HCFC-123 | | | | | 0,04 | | | | 0,04 |
| HCFC-141b | | 69,24 | | | | | | | 69,24 |
| HCFC-142b | | 2,60 | | | | | | | 2,60 |
| HCFC-141b dans les polyols prémélangés importés | | 0 | | | | | | | 0 |

| | | | |
|--|--------|--|--------|
| (IV) DONNÉES SUR LA CONSOMMATION (tonnes PAO) | | | |
| Valeur de référence 2009-2010 : | 386,3 | Point de départ des réductions globales durables : | 484,61 |
| CONSOMMATION ÉLIGIBLE AU FINANCEMENT (tonnes PAO) | | | |
| Déjà approuvée : | 174,00 | Restante : | 310,61 |

| (V) PLAN D'ACTIVITÉS | | 2019 | 2020 | 2021 | Après 2021 | Total |
|-----------------------------|----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------------|--------------|
| ONUDI | Elimination des SAO (tonnes PAO) | 10,13 | 0 | 12,54 | 12,75 | 35,42 |
| | Financement (\$US) | 807 850 | 0 | 1 000 450 | 1 016 714 | 2 825 014 |
| PNUD | Elimination des SAO (tonnes PAO) | 24,62 | 0 | 10,96 | 0 | 35,58 |
| | Financement (\$US) | 1 965 323 | 0 | 873 783 | 0 | 2 839 106 |
| PNUE | Elimination des SAO (tonnes PAO) | 3,75 | 0 | 3,49 | 3,83 | 11,07 |
| | Financement (\$US) | 312 894 | 0 | 291 064 | 319 611 | 923 569 |
| Allemagne | Elimination des SAO (tonnes PAO) | 2,78 | 0 | 0 | 0 | 2,78 |
| | Financement (\$US) | 234 249 | 0 | 0 | 0 | 234 249 |

| (VI) DONNÉES DU PROJET | | | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | Total |
|--|-----------|-----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|
| Limites de consommation du Protocole de Montréal | | | 347,64 | 347,64 | 347,64 | 251,08 | 251,08 | 251,08 | 251,08 | 251,08 | 125,54 | s.o. |
| Consommation maximale autorisée (tonnes PAO) | | | 347,64 | 289,70 | 289,70 | 251,08 | 251,08 | 251,08 | 251,08 | 251,08 | 125,54* | s.o. |
| Financement convenu (\$US) | ONUDI | Coûts de projet | 3 356 641 | 0 | 755 000 | 0 | 935 000 | 0 | 755 200 | 0 | 195 000 | 5 996 841 |
| | | Coûts d'appui | 234 965 | 0 | 52 850 | 0 | 65 450 | 0 | 52 864 | 0 | 13 650 | 419 779 |
| | PNUD | Coûts de projet | 1 042 352 | 0 | 1 836 750 | 0 | 816 620 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 695 722 |
| | | Coûts d'appui | 72 965 | 0 | 128 573 | 0 | 57 163 | 0 | 0 | 0 | 0 | 258 701 |
| | PNUE | Coûts de projet | 230 000 | 0 | 279 500 | 0 | 260 000 | 0 | 180 000 | 0 | 105 500 | 1 055 000 |
| | | Coûts d'appui | 27 480 | 0 | 33 394 | 0 | 31 064 | 0 | 21 506 | 0 | 12 605 | 126 050 |
| | Allemagne | Coûts de projet | 0 | 0 | 207 300 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 207 300 |
| | | Coûts d'appui | 0 | 0 | 26 949 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 26 949 |
| Financements approuvés par l'ExCom (\$US) | | Coûts de projet | 4 628 993 | 0 | 0 | | | | | | | 4 628 993 |
| | | Coûts d'appui | 335 410 | 0 | 0 | | | | | | | |
| Total du financement demandé soumis pour approbation à la présente réunion (US \$) | | Coûts de projet | | | 3 078 550 | | | | | | | 3 078 550 |
| | | Coûts d'appui | | | 241 766 | | | | | | | |

* La consommation totale maximum autorisée des substances du Groupe I de l'Annexe C sera davantage réduite de 10 tonnes PAO au plus, après l'approbation du plan de secteur de la climatisation dans le cadre de la phase II
 Note : Accord révisé devant être examiné lors de la 84^e réunion.

| | |
|--|------------------------|
| Recommandation du Secrétariat : | Pour examen individuel |
|--|------------------------|

DESCRIPTION DU PROJET

25. Au nom du gouvernement de l'Égypte, l'ONUDI, en qualité agence d'exécution principale, a soumis une demande de financement pour la deuxième tranche de la phase II du plan de gestion de l'élimination des HCFC (PGEH) représentant un montant total de 3 320 316 \$US, soit 755 000 \$US plus coûts d'appui d'agence de 52 850 \$US pour l'ONUDI, 1 836 750 \$US plus coûts d'appui d'agence de 128 573 \$US pour le PNUD, 279 500 \$US plus coûts d'appui d'agence de 33 394 \$US pour le PNUE et 207 300 \$US plus coûts d'appui d'agence de 26 949 \$US pour le gouvernement de l'Allemagne¹⁰. Cette demande comprend un rapport périodique sur la mise en œuvre de la première tranche du PGEH ainsi que le rapport de vérification de la consommation de HCFC pour 2018 et le plan de mise en œuvre de la tranche pour la période 2019-2021.

26. Lors de la 79^e réunion, le Comité exécutif a décidé d'inviter le gouvernement de l'Égypte à présenter, à titre exceptionnel, dès qu'une technologie sera sélectionnée et avant le 1^{er} janvier 2020, dans le cadre de la phase II, une proposition visant à reconvertir le secteur de la climatisation domestique à des solutions de remplacement à faible potentiel de réchauffement de la planète (décision 79/34(d)). Au nom du gouvernement de l'Égypte, l'ONUDI a soumis un projet de reconversion du HCFC-22 dans le secteur de la fabrication des climatiseurs résidentiels représentant un montant de 11 710 018 \$US plus coûts d'appui d'agence de 819 701 \$US, selon la proposition soumise. Si le projet est approuvé, il sera incorporé dans l'accord conclu avec le Comité exécutif pour la phase II du PGEH¹¹.

Rapport sur la consommation de HCFC

27. Comme cela a été mentionné au paragraphe 8 du présent document, le gouvernement a indiqué une consommation de HCFC de 287,45 tonnes PAO en 2018, quantité inférieure à l'objectif spécifié dans l'accord de pays conclu avec le Comité exécutif pour 2018, et de 26 pour cent inférieure à la valeur de référence des HCFC aux fins de conformité.

Rapport de vérification

28. Le rapport de vérification a confirmé que le gouvernement est en train de mettre en œuvre un système d'autorisation et de quotas pour les importations de HCFC et que la consommation totale de HCFC pour 2018 était de 287,48 tonnes PAO. La vérification a conclu que l'Égypte était en conformité avec la consommation maximum autorisée de toutes les substances du Groupe I de l'Annexe C, selon son accord conclu avec le Comité exécutif, et que la consommation vérifiée et celle communiquée au titre de l'article 7 du Protocole de Montréal correspondent aux résultats corrects arrondis. Le rapport prend note que des expéditions suspectes de substances réglementées constatées au point d'entrée sont interceptées par les Autorités douanières, et que l'UNO et l'Organisation générale du contrôle des importations et des exportations en sont informées. Après confirmation que l'expédition n'est pas en conformité avec l'autorisation émise, et que l'importateur a eu la possibilité de demander une vérification supplémentaire, l'importateur doit retourner à ses frais la cargaison à l'exportateur ; en outre, le pays exportateur est averti par le dispositif informel du consentement préalable en connaissance de cause (iPIC) et doit donner son approbation pour la réimportation de la cargaison. Cette procédure a été suivie pour deux cargaisons suspectes de SAO en 2010 ; depuis cette date, aucune cargaison suspecte n'a été identifiée, contenant notamment des CFC-11 or CFC-12. À la suite d'un amendement à la loi en 2009 visant les déchets dangereux, les sanctions prévues pour les contraventions aux réglementations des substances réglementées peuvent comprendre une peine de prison (allant jusqu'à 5 ans) et une amende comprise entre 20 000 et 40 000 Livres égyptiennes (soit approximativement entre 1 240 et 2 842 \$US).

¹⁰ Selon la lettre du 18 septembre 2019 du ministère de l'Environnement de l'Égypte adressée à l'ONUDI.

¹¹ Selon la lettre du 18 septembre 2019 du ministère de l'Environnement de l'Égypte adressée à l'ONUDI.

Rapport périodique sur la mise en œuvre de la première tranche du PGEHActivités dans le secteur de la fabrication*Secteur de fabrication des mousses de polyuréthane (PU)*

29. Le secteur de la fabrication des mousses de polyuréthane comprenait : la reconversion au cyclopentane des huit entreprises restantes de fabrication de réfrigérateurs domestiques (Bahgat, Fresh, Ocean, Siltal, Star, Top Maker et Tredco, avec l'assistance du Fonds multilatéral ; l'entreprise Everest devait financer avec ses propres ressources sa reconversion) ; la reconversion au cyclopentane de deux entreprises (Electrostar et Kiriazi) fabriquant des chauffe-eau électriques ; et un projet de groupe la reconversion de 38 PME pour passer au formiate de méthyle, avec le financement du Fonds multilatéral pour 28 d'entre elles et les 10 autres réalisant cette reconversion avec leurs propres ressources. L'élimination totale du HCFC-141b pour laquelle le financement avait été approuvé dans le sous-secteur de la fabrication d'équipements de réfrigération domestiques s'élevait à 422,50 tm (46,48 tonnes PAO), et 49,79 tm (5,48 tonnes PAO) dans le sous-secteur restant des mousses de polyuréthane isolantes, représentant un total de 472,29 tm (51,95 tonnes PAO). Everest et les 10 autres PME élimineront 114,43 tm (12,59 tonnes PAO) de plus avec leurs propres ressources. Le Comité Exécutif a noté que le gouvernement de l'Égypte aurait la souplesse nécessaire pour affecter des fonds aux entreprises éligibles dans le secteur de la mousse de polyuréthane pour lesquelles un financement n'est pas demandé, s'il était jugé nécessaire de le faire pendant la mise en œuvre (décision 79/34(e)).

30. Les huit entreprises de fabrication de réfrigérateurs domestiques ont été visitées, un accord de collaboration¹² signé avec chacune d'elles et les termes de référence préparés. La procédure d'appel d'offre international a été menée à bien pour les sept entreprises bénéficiant d'un financement par le Fonds Multilatéral, des fournisseurs d'équipements sélectionnés et les commandes passées. Les équipements ont été livrés à trois entreprises (Bahgat, Fresh et Star) et l'installation et la mise en service est en cours ; la livraison des équipements pour deux autres entreprises (Siltal et Tredco) était prévue pour octobre, avec l'installation et la mise en service devant être achevées d'ici le 31 décembre 2019. Les équipements destinés à Ocean et Top Maker devraient être livrés d'ici le 31 décembre 2019 ; l'installation et la mise en service devant être achevées au cours du premier trimestre 2020. Les deux entreprises devraient cesser de fabriquer des mousses à base de HCFC à compter du 1^{er} janvier 2020. Les équipements destinés à Everest, l'entreprise pour laquelle le financement n'a pas été approuvé, devraient être livrés d'ici la fin de 2019, et l'installation et la mise en service devraient être terminées au cours du premier trimestre 2020. L'entreprise s'est engagée à cesser de fabriquer des mousses à base de HCFC à compter du 1^{er} janvier 2020.

31. Un mémorandum d'entente (MdE)¹³ a été signé avec les deux entreprises qui fabriquent des chauffe-eau électriques (Electrostar et Kiriazi). La procédure d'appel d'offre international a été menée à bien, des fournisseurs d'équipements sélectionnés et les commandes passées. Les équipements devraient être livrés d'ici le 31 décembre 2019 ; l'installation et la mise en service devraient être terminées au cours du premier trimestre 2020. Les deux entreprises cesseront de fabriquer des mousses contenant des HCFC à compter du 1^{er} janvier 2020.

32. Le MdE conclu avec Beta Technical et Trading Bureau a été signé et des essais à base de formiate de méthyle ont été achevés dans 24 PME ; ces clients ont signé une attestation d'achèvement et l'engagement de cesser de fabriquer des mousses contenant des HCFC. Les essais dans les quatre PME restantes bénéficiant d'un financement sont en cours ; la reconversion au formiate de méthyle devrait être finalisée d'ici le 31 décembre 2019. Le PNUD a confirmé que toutes les 28 PME sont éligibles au financement. Les 10 PME restantes n'ont pas été considérées éligibles ; bien qu'on ignore l'état

¹² Disposition de mise en œuvre du projet de l'ONUDI.

¹³ Disposition de mise en œuvre du projet du PNUD.

d'avancement de leur reconversion et les solutions de remplacement qu'elles ont choisies, leur reconversion sera achevée d'ici le 31 décembre 2019, en phase avec l'interdiction du 1^{er} janvier 2020.

Assistance technique pour le secteur de la fabrication de climatiseurs résidentiels

33. Sur la base de données communiquées par cinq fabricants de climatiseurs résidentiels (El-Araby, Fresh, Miraco, Power et Unionaire) concernant les dispositifs de référence et la reconversion prévue, la transition vers d'autres frigorigènes ainsi que les données de rendement en vue de la validation ont été évaluées. Le consultant international a réalisé un travail approfondi de modélisation, de validation et d'optimisation des performances pour les différents fabricants. Les modèles ont été élaborés pour les équipements de base et validés. Les simulations ont été réalisées en utilisant les frigorigènes de remplacement suggérés en tant que produits de substitution directe et avec une optimisation douce pour correspondre à la capacité de référence. Des visites de sites ont été organisées au cours desquelles l'outil de simulation des systèmes (Modèle de conception de pompe à chaleur (HPDM) de l'ORNL) a été fourni, ainsi qu'un atelier de conception afin d'améliorer les performances du système tout en changeant de frigorigène pour passer à un frigorigène à faible PRP.

Activités dans le secteur de l'entretien des équipements de réfrigération

34. Les activités suivantes ont été menées à bien :

- (a) Signature d'un protocole entre l'Agence égyptienne des affaires environnementales (EEAA) et l'Agence de protection des consommateurs (CPA), afin de suivre et lutter contre les produits frigorigènes de contrefaçon sur le marché local ; mise au point de paramètres pour une étude des impacts socio-économiques de l'élimination des HCFC et de l'utilisation de produits de remplacement dans le secteur de la réfrigération et de la climatisation ;
- (b) Un atelier de formation des formateurs afin de former 30 inspecteurs de la CPA et huit ateliers pour former 140 inspecteurs de la CPA dans deux gouvernorats ont été organisés, complétés par 10 autres ateliers pour former 175 inspecteurs de la CPA dans les gouvernorats restants, prévus pour octobre 2019. Les sujets traitaient notamment de la législation, et du suivi de la fourniture et de l'utilisation des HCFC ;
- (c) Signature d'un protocole avec le ministère du Commerce et de l'Industrie afin d'examiner les réglementations et les politiques, et d'introduire des mesures destinées à renforcer la supervision des substances réglementées ; actualisation des codes douaniers des substances réglementées conformément aux mises à jour de l'Organisation mondiale des Douanes ;
- (d) Achat de 10 identificateurs de frigorigènes aux fins d'utilisation par les douanes et les inspecteurs de la CPA, et formation de 180 inspecteurs à leur utilisation ;
- (e) Arrêté ministériel publié le 25 juillet 2019 actualisant la liste des substances réglementées pour y inclure tous les mélanges de HCFC importés ; publication en 2019 par les Autorités douanières des réglementations en matière d'importations afin d'interdire l'importation du HCFC-141b à compter du 1^{er} janvier ; mise à jour des autorisations d'importation du HCFC-22 pour limiter les importations à 40 tm ;

- (f) Lancement d'activités destinées à mettre en place le programme de surveillance du marché des frigorigènes, notamment en modifiant les procédures de fonctionnement de la Loi sur la protection du consommateur égyptien (181/2018) en y incluant les substances réglementées, et développement des supports de la campagne de sensibilisation ciblant les négociants, les détaillants et les consommateurs sur les produits frauduleux ; cette campagne devrait démarrer en janvier 2020 ;
- (g) Protocoles de coopération signés avec deux écoles de formation professionnelle afin de mettre en place un programme de certification nationale, et avant-projet de système de certification en cours d'examen final ; signature d'un protocole de coopération avec l'Organisation égyptienne de normalisation et de contrôle de la qualité (EOS), qui a commencé à préparer les lignes directrices qui seront mises en œuvre par le ministère de la Main d'œuvre pour délivrer des certificats aux centres et aux techniciens de l'entretien¹⁴ ; et un appel à propositions a été publié concernant un centre pilote de récupération et de régénération des frigorigènes ;
- (h) Mise à jour des programmes d'enseignement technique et professionnel local, évaluation des équipements et des outils nécessaires à la formation ; mises à jour et évaluation sont en cours d'examen final ;
- (i) Signature d'un protocole avec le Centre de recherche sur le logement et la construction (HBRC) pour actualiser les codes nationaux et faciliter l'introduction de solutions de remplacement à faible PRP ; et
- (j) Conception d'une campagne de sensibilisation nationale sur les solutions de remplacement à faible PRP, avec trois ateliers destinés à 188 participants et un séminaire technique sur les solutions de remplacement à faible PRP pour approximativement 50 chercheurs à l'Institut d'études et de recherches environnementales, Université d'Ain Shams.

Unité de mise en œuvre et de suivi de projet (PMU)

35. La gestion de projet a été divisée en deux volets, l'un en relation avec l'ONUDI et l'autre avec le PNUD, pour la gestion des activités respectives du projet, l'ONUDI supervisant toutes les activités de projet et la coordination d'ensemble. L'ONUDI a recruté des consultants nationaux chargés de coordonner et de suivre la mise en œuvre du projet, notamment de rencontrer les bénéficiaires et les parties prenantes ; d'organiser des ateliers, des réunions et des événements ; et de rédiger et diffuser une documentation de soutien et des supports de sensibilisation (89 397 \$US). Le PNUD a recruté un chef de projet chargé de rendre visite aux bénéficiaires ; de fournir un soutien technique pour la spécification des équipements et de rendre compte de l'avancement de la mise en œuvre ; d'élaborer des contrats pour les bénéficiaires en concertation avec l'UNO et le PNUD ; de la mise en œuvre au quotidien des activités du PGEH ; et du contrôle financier (14 314 \$US).

Niveau de décaissement du financement

36. En date de septembre 2019, sur les 4 628 993 \$US approuvés jusqu'à présent (3 356 641 \$US pour l'ONUDI, 1 042 352 \$US pour le PNUD et 230 000 \$US pour le PNUE), 1 523 242 \$US (soit

¹⁴ Il existe trois différents programmes de certification en Égypte, l'un dirigé par le ministère de la Main d'œuvre, un autre dans le cadre du programme de formation professionnelle et le troisième dans le cadre du programme d'enseignement technique dirigé par le ministère de l'Éducation. Actuellement, des certificats de qualification minimum sont requis selon le métier et l'employeur ; chacun des trois programmes qualifie les techniciens conformément aux exigences du marché ; toutefois, les meilleures pratiques en matière d'entretien ne font pas partie de ces exigences, ni les meilleures pratiques se rapportant à la manipulation des frigorigènes inflammables.

33 pour cent) avaient été décaissés (895 028 \$US pour l'ONUDI, 465 314 \$US pour le PNUD et 162 900 \$US pour le PNUE). Le solde de 3 105 751 \$US sera décaissé en 2020-2021.

Plan de mise en œuvre pour la deuxième tranche du PGEH

37. Les activités suivantes seront mises en œuvre entre janvier 2020 et décembre 2022 :

- (a) Poursuite de l'élaboration, de l'application et du suivi des politiques, et de la formation notamment concernant le programme de surveillance du marché des frigorigènes ; poursuite du développement du système de certification des techniciens, mise à jour des programmes d'enseignement technique et professionnel local, et lancement d'un programme de certification pilote (PNUE) (140 000 \$US) ;
- (b) Continuation de la collaboration avec le HBRC pour la mise à jour des codes nationaux, examen des normes locales s'appliquant aux équipements et aux conteneurs, et formation et sensibilisation aux codes et aux normes (PNUE) (79 500 \$US) ;
- (c) Formation sur les approvisionnements écologiques destinée au secteur public, au groupe consultatif et aux consultants (PNUE) (60 000 \$US) ;
- (d) Achat d'environ 15 identificateurs de frigorigènes (60 000 \$US) et mise en place de deux centres de formation pour maîtres formateurs (60 000 \$US) (UNIDO) ;
- (e) Mise en place d'un centre local de régénération, comprenant un laboratoire indépendant d'essais (150 000 \$US) et création du réseau de récupération et régénération en fournissant des dispositifs et des bonbonnes de récupération (150 000 \$US) (ONUDI) ;
- (f) Deux ateliers de parties prenantes pour centre de formation (VTC) sur les frigorigènes inflammables ; sélection du VTC et évaluation connexe des capacités et analyse des lacunes ; quatre formations destinées aux maîtres formateurs (y compris outils et équipements pour les frigorigènes A2, A2L et A3 ; compétences en matière de soudage et méthodes de raccordement de tubes par pression ; manipulations du circuit de frigorigène ; récupération des frigorigènes, évacuation et élimination définitive ; établissement de rapports, registres et évaluation) et achat d'équipements, outils, équipement de protection individuelle et unités de formation pour le VTC (gouvernement de l'Allemagne) (207 300 \$US) ;
- (g) Poursuite du développement d'un logiciel simplifié d'utilisation gratuite de modélisation pouvant être utilisé par les fabricants de climatiseurs résidentiels pour le développement de produit (ONUDI) (100 000 \$US) ;
- (h) Fourniture d'une assistance technique et construction de prototypes chez trois fabricants commerciaux de dispositifs de climatisation à faible PRP pour applications d'une capacité inférieure à 10 tonnes de réfrigération (TR), et refroidissement évaporatif indirect combiné au refroidissement par détente directe (de produits de remplacement à faible PRP) pour des applications ayant une capacité allant de 12 à 40 TR (ONUDI (110 000 \$US) ;
- (i) Reconversion de quatre fabricants de mousses de polystyrène extrudé (XPS) pour passer à un mélange 60/40 de HFO-1234ze et éther méthylique (ONUDI) (1 761 750 \$US) ; et
- (j) L'Unité de gestion de projet continuera à coordonner et suivre la mise en œuvre des activités ne portant pas sur des investissements et des activités d'investissement, y

compris les visites auprès des bénéficiaires et des parties prenantes, ainsi que l'organisation d'ateliers et de réunions (ONUDI) (125 000 \$US) ; elle démarrera la reconversion des entreprises de mousses XPS, incluant visites auprès des bénéficiaires, élaboration de spécifications techniques, soutien technique, établissement de rapports et contrôle financier des fonds (PNUD) (75 000 \$US).

Reconversion du HCFC-22 dans la fabrication de climatiseurs résidentiels

Contexte

38. L'ONUDI a soumis une proposition de projet pour la reconversion du HCFC-22 dans la fabrication de climatiseurs résidentiels afin de passer au HFC-32 et R-454B, pour un montant de 11 710 018 \$US plus coûts d'appui d'agence de 819 701 \$US, conformément à la demande soumise.

39. Le projet a pour objectif d'éliminer le HCFC-22 dans le secteur de la fabrication des climatiseurs résidentiels :

- (a) Par l'adaptation et la restructuration des équipements de climatisation afin d'utiliser des frigorigènes de remplacement à faible PRP ;
- (b) Par la reconversion des entreprises de fabrication à des frigorigènes de remplacement en :
 - (i) Achetant de nouveaux équipements de fabrication si nécessaire, sans accroître la capacité de production ;
 - (ii) Mettant en place des systèmes de sécurité pour un stockage et une manipulation sans danger des frigorigènes inflammables ;
 - (iii) Fournissant une assistance technique pour la restructuration des nouveaux équipements afin de maintenir ou d'améliorer l'efficacité énergétique ;
 - (iv) Fournissant une assistance technique pour la restructuration des nouveaux équipements afin d'assurer la conformité avec les normes internationales de sécurité pertinentes ;
 - (v) Mettant en œuvre des procédures de travail pour la manipulation en toute sécurité de frigorigènes inflammables ; et
 - (vi) Obtenant une certification de sécurité aux normes internationales actuelles (par ex. directives de l'Union Européenne).

Description du projet

40. Cinq fabricants (El-Araby, Fresh, Miraco, Power et Unionaire), qui sont les seuls fabricants de climatiseurs résidentiels du pays et qui ont participé à l'EGYPRA, vont éliminer leur utilisation du HCFC-22. La plupart de leurs équipements de climatisation résidentielle sont vendus localement, mais ils exportent également vers les régions du Golfe et de l'Afrique du Nord. Ils n'exportent pas vers des pays non visés à l'article 5. Ces cinq fabricants ont un capital relevant à 100 pour cent de l'article 5, à l'exception de Miraco dont 37 pour cent du capital ne relèvent pas de l'article 5. Certains fabricants ont passé un accord avec des fournisseurs mondiaux d'équipements de climatisation et dépendent donc d'eux quant au choix de la conception et des composants, ce qui impacte également le choix de la technologie des frigorigènes. Chaque fabricant dispose d'une usine et ils produisent tous une gamme complète d'équipements et d'appareils de climatisation résidentielle. Ils utilisent tous du HCFC-22 et du R-410A, à

l'exception de Power, qui utilise seulement du HCFC-22. Aucun de ces fabricants n'a bénéficié précédemment d'un financement pour la reconversion des technologies à base de HCFC. Le tableau 3 récapitule l'état de la fabrication de ces cinq entreprises et de leur consommation de 2016 à 2018.

Tableau 3. État de la fabrication et de la consommation de HCFC-22 dans les cinq entreprises (tm)

| Fabricant | Nbre de chaînes | Détails de la production | 2016 | 2017 | 2018 |
|-----------|-----------------|--|------|------|------|
| El-Araby | 2 | Les deux chaînes de production fonctionnent à différentes vitesses et avec des temps de cycle différents. Le test de fuite pour les unités intérieures est réalisé en chargeant une petite quantité de HCFC-22 et en utilisant un détecteur de fuite d'halogène. | 275 | 198 | 212 |
| Fresh | 2 | Les deux chaînes de production ont la même vitesse et le même temps de cycle. Fresh utilise des chambres de tests d'étanchéité à l'hélium pour les unités intérieures. | 136 | 142 | 147 |
| Miraco | 3 | Les trois chaînes de production ont la même vitesse et le même temps de cycle. Miraco utilise des chambres de tests d'étanchéité à l'hélium pour les unités intérieures. | 396 | 359 | 366 |
| Power | 1 | La chaîne de fabrication fonctionne avec un temps de cycle d'environ 70s. La même chaîne est utilisée pour la production des unités extérieures et intérieures. Le test de fuite pour les unités intérieures est réalisé en chargeant une petite quantité de HCFC-22 et en utilisant un détecteur de fuite d'halogène. | 50 | 43 | 45 |
| Unionaire | 2 | La chaîne de fabrication fonctionne avec un temps de cycle d'environ 40s. Le test de fuite pour les unités intérieures est réalisé en chargeant une petite quantité de HCFC-22 et en utilisant un détecteur de fuite d'halogène. | 600 | 360 | 240 |

41. Les processus et les zones de tests suivants des installations de l'usine seront impactés par la reconversion à des frigorigènes inflammables, à savoir : les tests de fuite (chaîne de fabrication des unités intérieures), systèmes de vide (chaîne de fabrication des unités extérieures), stockage des frigorigènes et systèmes d'approvisionnement, systèmes de chargement des frigorigènes (chaîne de fabrication des unités extérieures), matériel de soudage (chaîne de fabrication des unités extérieures) détection finale des fuites (chaîne de fabrication des unités extérieures), zones de tests (chaîne de fabrication des unités extérieures) et chambres de tests de laboratoire. L'infrastructure générale de l'usine, telle que le support des systèmes de ventilation, la mise à la terre électrique et la protection antistatique étaient considérés comme étant la responsabilité de chaque fabricant.

Coûts de projet

42. Le tableau 4 récapitule les équipements requis pour la reconversion et les coûts différentiels d'investissement (CDI) pour chaque fabricant. Le total des coûts différentiels d'investissement s'élève à 5 085 410 \$US, avec tous les coûts associés aux modifications de l'échangeur de chaleur à la charge des fabricants.

Tableau 4. Coûts différentiels d'investissement (CDI) pour les cinq entreprises, tels que soumis (\$US)

| Zones et équipements des processus | Fabricant | | | | | Total |
|--|------------------|----------------|----------------|----------------|------------------|------------------|
| | El-Araby | Fresh | Miraco* | Power | Unionaire | |
| Système d'alimentation en frigorigène (pompe d'approvisionnement, pipeline(s), et détecteurs de gaz) | 81 000 | 118 000 | 74 340 | 76 000 | 118 000 | 467 340 |
| Chaîne de fabrication intérieure (équipement de chargement, station de récupération des frigorigènes, systèmes de sécurité et ventilation) | 84 000 | 0 | 0 | 0 | 168 000 | 252 000 |
| Chaîne de fabrication extérieure (équipement de chargement, station de récupération des frigorigènes, systèmes de sécurité et ventilation, détection des fuites et coupleurs de processus) | 473 500 | 405 000 | 494 550 | 248 000 | 535 000 | 2 156 050 |
| Zone de tests (modifications de la zone réservée aux essais, systèmes de sécurité et ventilation) | 122 000 | 82 000 | 77 490 | 30 000 | 100 000 | 411 490 |
| Chambres de laboratoire (récupération des frigorigènes, systèmes de sécurité et ventilation) | 183 000 | 61 000 | 38 430 | 61 000 | 61 000 | 404 430 |
| Général (pièces de rechange) | 30 000 | 30 000 | 28 350 | 7 500 | 30 000 | 125 850 |
| Ingénierie, installation, certification et formation | 143 000 | 98 000 | 118 440 | 77 000 | 138 000 | 574 440 |
| Assistance technique | 50 000 | 50 000 | 31 500 | 50 000 | 50 000 | 231 500 |
| Imprévus | 116 650 | 84 400 | 86 310 | 54 950 | 120 000 | 462 310 |
| Total | 1 283 150 | 928 400 | 949 410 | 604 450 | 1 320 000 | 5 085 410 |

*Après avoir pris en compte les 37 pour cent de capital ne relevant pas de l'article 5.

43. Les coûts différentiels d'exploitation (CDE) basés sur une année d'exploitation avec le nouveau frigorigène ont été calculés en tenant compte de la consommation éligible de l'entreprise, calculée en tant que moyenne pour 2016-2018, et le seuil des coûts différentiels d'exploitation de 6,30\$US/kg spécifiés dans la décision 74/50.

Tableau 5. Total des coûts pour la reconversion chez les cinq fabricants (\$US)

| Entreprise | tm | Tonnes PAO | CDI (\$US) | CDE (\$US) | Total (\$US) | C-E (\$US/kg) |
|--------------|-----------------|--------------|------------------|------------------|-------------------|---------------|
| El-Araby | 228,45 | 12,56 | 1 283 150 | 1 439 222 | 2 722 372 | 11,92 |
| Fresh | 141,67 | 7,79 | 928 400 | 892 502 | 1 820 902 | 12,85 |
| Miraco* | 373,67 | 20,55 | 949 410 | 1 483 084 | 2 432 494 | 6,51 |
| Power | 46,00 | 2,53 | 604 450 | 289 800 | 894 250 | 19,44 |
| Unionaire | 400,00 | 22,00 | 1 320 000 | 2 520 000 | 3 840 000 | 9,60 |
| Total | 1 189,78 | 65,44 | 5 085 410 | 6 624 608 | 11 710 018 | 9,84 |

*Après avoir pris en compte les 37 pour cent de capital ne relevant pas de l'article 5.

44. Le projet nécessitera la révision de l'accord pour la phase II du PGEH, qui a été approuvé lors de la 79^e réunion.

OBSERVATIONS ET RECOMMANDATION DU SECRÉTARIAT

OBSERVATIONS

Rapport périodique sur la mise en œuvre de la première tranche du PGEH

Secteur de fabrication des mousses PU

45. Tout en notant les progrès considérables réalisés dans la mise en œuvre des reconversions dans le secteur de la fabrication des mousses de polyuréthane, notamment le fait que tous les équipements requis par les entreprises bénéficiant d'une aide ont été achetés, le Secrétariat a pris note que tous les équipements n'avaient pas été livrés et que le gouvernement avait interdit l'importation, l'utilisation et l'exportation de HCFC-141b en vrac et l'exportation du HCFC-141b contenu dans les polyols prémélangés à compter du 1^{er} janvier 2020. Le PNUD a confirmé que tous les équipements pas encore livrés devraient l'être d'ici le 31 décembre 2019. L'installation des équipements nécessitera l'arrêt de la fabrication des mousses pendant l'installation, la mise en service et l'optimisation du nouvel équipement ; par conséquent, les entreprises seront en mesure de respecter l'interdiction. Le PNUD a confirmé également que les équipements contenant des HCFC seront démantelés et rendus inutilisables.

Reconversion du HCFC-22 dans la fabrication de climatiseurs résidentiels

Sélection de la technologie

46. Lors de la 79^e réunion, le Secrétariat n'a pas été en mesure d'évaluer les coûts différentiels de la reconversion proposée du fait, qu'à cette époque, les entreprises avaient décidé d'évaluer les résultats des projets de démonstration d'EGYPRA et PRAHA-II avant de sélectionner une technologie.

47. Le Secrétariat a remarqué que pour la sélection des technologies auxquelles les entreprises se reconverteront, la proposition s'appuyait sur les enseignements tirés d'EGYPRA ainsi que sur les informations provenant du rapport 2018 du Comité des choix techniques pour les appareils de réfrigération, les climatiseurs et les pompes à chaleur (RTOC)¹⁵, et d'autres évaluations techniques. S'il est mis en œuvre avec succès, ce projet renforcera la conformité de l'Égypte avec les obligations réglementaires du Protocole De Montréal et l'aidera à éviter l'introduction de produits de remplacement à PRP élevé (par ex. le R-410A) dans le marché des climatiseurs résidentiels.

48. Conformément à la décision 74/20(a)(iii), le Secrétariat a demandé des informations détaillées de la part des fournisseurs sur la façon et le moment où un approvisionnement adéquat de la technologie à base de HFC-32 (PRP = 675) et R-454B (PRP = 490) serait disponible dans le pays, ainsi que les composants indispensables (tout particulièrement les compresseurs). L'ONUDI a indiqué que le HFC-32 et les compresseurs pour HFC-32 sont déjà disponibles, y compris des compresseurs convenant à une utilisation dans des températures ambiantes élevées ; les fournisseurs locaux ont indiqué qu'ils seront en mesure de livrer les compresseurs pour HFC-32 d'ici la fin de 2020. En revanche, la chaîne d'approvisionnement pour les frigorigènes R-454B et les composants n'est encore complètement mise en place ; l'approvisionnement en frigorigènes R-454B est limité et il n'y a pas encore de compresseurs pour R-454B sur le marché. La disponibilité du gaz frigorigène et des compresseurs était prévue pour 2023 dans les pays non visés à l'article 5, et deux ou trois ans plus tard en Égypte. Du fait que le R-454B n'est pas disponible sur le marché local et que cette situation est appelée à persister au-delà de l'achèvement de la phase II du PGEH, le Secrétariat n'était pas en mesure d'examiner les coûts de reconversion au R-454B. C'est pourquoi il a été convenu que les coûts différentiels seront déterminés sur la base du passage au HFC-32 ; toutefois, les entreprises auront la flexibilité d'opter pour la fabrication d'équipements à base de R-454B une fois que cette technologie sera disponible.

¹⁵ Consultable sur https://ozone.unep.org/sites/default/files/2019-04/RTOC-assessment-report-2018_0.pdf

Coûts différentiels

49. Les discussions au sujet des coûts différentiels d'investissement se rapportaient au coût des machines de chargement ; au nombre de machines à souder par ultrasons nécessaires ; à l'éligibilité de la demande de coupleurs de processus qui sont demandés indépendamment du frigorigène utilisé ; aux coûts se rapportant aux laboratoires, y compris le suivi des gaz, la ventilation et le fait de savoir si un appareil de récupération était nécessaire ; au coût du système de détection des fuites à l'hélium, du fait de la pratique dans deux entreprises de tester les fuites des unités intérieures avec du HCFC-22 ; et au prix des pièces détachées, du projet d'ingénierie, de l'installation et de la formation et des audits de sécurité. En outre, l'assistance technique demandée pour chaque entreprise afin de maintenir ou d'améliorer l'efficacité énergétique n'était pas éligible, et l'assistance technique requise en vue d'assurer la conformité aux obligations de sécurité était déjà incluse dans les coûts acceptés pour l'installation et la formation. Toutefois, en accord avec la suggestion faite par un examen technique indépendant du projet et les résultats d'EGYPRA, le Secrétariat a estimé qu'une assistance supplémentaire serait nécessaire pour optimiser les performances des équipements fabriqués afin d'assurer qu'ils peuvent rivaliser sur le marché avec les équipements contenant du R-410A.

50. Après avoir pris en compte l'inéligibilité des équipements achetés après le 21 septembre 2007, les coûts différentiels d'investissement acceptés pour les cinq entreprises ont été adaptés, passant de 5 085 410 \$US à 4 253 197 \$US, comme l'indique le tableau 6.

Tableau 6. Coûts différentiels d'investissement (CDI) pour les cinq entreprises (\$US)

| Zones et équipements des processus | Fabricant | | | | | Total |
|---|------------------|----------------|----------------|----------------|------------------|------------------|
| | El-Araby | Fresh | Miraco | Power | Unionaire | |
| Système d'approvisionnement en frigorigène | 81 000 | 118 000 | 74 340 | 40 000 | 118 000 | 431 340 |
| Chaîne de fabrication intérieure | 65 000 | 0 | 0 | 0 | 130 000 | 195 000 |
| Chaîne de fabrication extérieure | 328 500 | 304 500 | 406 035 | 216 500 | 448 500 | 1 704 035 |
| Zone de tests | 122 000 | 82 000 | 77 490 | 30 000 | 100 000 | 411 490 |
| Chambres de laboratoire | 71 000 | 31 000 | 32 130 | 31 000 | 31 000 | 196 130 |
| Pièces détachées | 15 000 | 15 000 | 14 175 | 7 500 | 15 000 | 66 675 |
| Ingénierie, installation, certification et formation | 112 000 | 72 000 | 70 560 | 62 000 | 112 000 | 428 560 |
| Conception de produit et optimisation | 150 000 | 75 000 | 94 500 | 50 000 | 150 000 | 519 500 |
| Imprévus | 68 250 | 55 050 | 60 417 | 32 500 | 84 250 | 300 467 |
| Total des coûts différentiels d'investissement | 1 012 750 | 752 550 | 829 647 | 469 500 | 1 188 750 | 4 253 197 |

51. Les coûts différentiels d'exploitation (CDE) ont été acceptés sur la base d'une charge moyenne par unité (1,30 kg/unité), une réduction de 30 pour cent de charge lors du passage du HCFC-22 au HFC-32, la différence de prix entre le HCFC-22 (2,95\$US/kg) et le HFC-32 (7,94\$US/kg) et les coûts supplémentaires se rapportant à la sécurité et aux petites différences de prix éventuelles pour des compresseurs convenant au HFC-32 pour une utilisation dans des températures ambiantes élevées (3,65\$US/unité), entraînant un coût différentiel d'exploitation 6,18\$US/kg. En outre, lors de la 79^e réunion, il a été convenu que les coûts de l'unité de gestion de projet pourraient être augmentés si la proposition du secteur de la fabrication de climatiseurs résidentiels était approuvée dans le cadre de la phase II¹⁶, ce que l'ONUDI avait oublié par inadvertance dans sa proposition de projet ; le financement supplémentaire d'un montant de 175 000 \$US pour l'unité de gestion de projet a été accepté.

¹⁶ Paragraphe 56 du document UNEP/OzL.Pro/ExCom/79/32.

53. Sur cette base, les coûts du projet d'un montant total de 10 926 623 \$US ont été acceptés, comme l'indique le tableau 7.

Tableau 7. Total des coûts pour la reconversion chez les cinq fabricants (\$US)

| Entreprise | tm | Tonnes PAO | CDI (\$US) | CDE (\$US) | Total (\$US) | C-E (\$US/Kg) |
|----------------------------|-----------------|--------------|------------------|------------------|-------------------|---------------|
| El-Araby | 228,45 | 12,56 | 1 012 750 | 1 411 809 | 2 424 559 | 10,61 |
| Fresh | 141,67 | 7,79 | 752 550 | 875 502 | 1 628 052 | 11,49 |
| Miraco* | 373,67 | 20,55 | 829 647 | 1 454 835 | 2 284 482 | 6,11 |
| Power | 46,00 | 2,53 | 469 500 | 284 280 | 753 780 | 16,39 |
| Unionaire | 400,00 | 22,00 | 1 188 750 | 2 472 000 | 3 660 750 | 9,15 |
| Unité de gestion de projet | | | | | 175 000 | |
| Total | 1 189,78 | 65,44 | 4 253 197 | 6 498 426 | 10 926 623 | 9,18 |

*Après avoir pris en compte les 37 pour cent de capital ne relevant pas de l'article 5.

Pérennité de la reconversion

54. À l'exception de Power, toutes les entreprises fabriquent sur leurs chaînes de fabrication des éléments à base de HCFC-22 et de R-410A ; en particulier, chaque chaîne (excepté chez Power) peut être utilisée pour fabriquer des équipements soit à base de HCFC-22 soit à base de R-410A. Etant donné que les entreprises fabriquent des équipements à base de R-410A, et que ces équipements sont déjà disponibles sur le marché international, qu'ils sont relativement bon marché et qu'ils sont également importés dans le pays, le Secrétariat a estimé qu'un cadre de facilitation pour assurer la durabilité de l'élimination serait nécessaire. Le Secrétariat et l'ONUDI ont examiné en détails les options possibles pour ce cadre de facilitation. En particulier, le Secrétariat a suggéré qu'un tel cadre pourrait inclure la mise en vigueur d'un tarif plus élevé sur les importations d'équipements de climatisation résidentiels contenant du R-407C et du R-410A, une taxe sur ces équipements fabriqués localement correspondant à ce tarif, et une subvention pour les équipements à faible PRP. L'ONUDI a fait savoir que bien que le gouvernement envisageait une série de mesures politiques, ces mesures ne relèveraient probablement pas du domaine de compétence de l'EEAA et de l'UNO, et étant donné que la mise en œuvre de ces mesures impliquera des consultations au plan national, le gouvernement aura besoin de plus de temps pour sélectionner ces mesures. En conséquence, il a été convenu que le gouvernement de l'Égypte s'engage à adopter et à faire appliquer des mesures réglementaires adéquates en liaison avec l'avancement du projet de reconversion afin de : garantir le contrôle total des équipements de climatisation résidentiels à base de R-410A/R-407C importés ou mis sur le marché ; et assurer l'adoption par le marché local de la technologie de remplacement sélectionnée.

56. Une actualisation de l'état d'avancement de la mise en œuvre de ces mesures sera présentée au moment de la soumission de la troisième tranche de la phase II du PGEH. L'examen par le Secrétariat de la demande de tranche tiendra compte des progrès réalisés dans la mise en œuvre du cadre de facilitation.

57. En outre, il a été convenu que les cinq entreprises s'engageraient à participer activement aux efforts de promotion de l'acceptation sur le marché des équipements de climatisation résidentiels basés sur la technologie convenue. Qu'elles s'engageraient également à veiller à ce que la fabrication de leurs équipements à base de R-410A destinés au marché local décroisse progressivement jusqu'à ce que les entreprises fabriquent uniquement des équipements pour le marché local sur la base de la technologie convenue ou d'une technologie à faible PRP.

58. En ce qui concerne la possibilité de la fabrication future d'équipements à base de HFC-32 et de R-454B, le Secrétariat a noté qu'une fois que le R-454B deviendra disponible, il coûtera peut-être plus cher que le HFC-32. Par conséquent, il existe le risque que les équipements à base de R-454B nécessitant un entretien soient alimentés avec du HFC-32, le composant principal du R-454B, plutôt qu'avec le mélange lui-même. L'ONUDI a expliqué que les conséquences pour la machine même seront peut-être limitées, mais ce genre de pratiques risque d'avoir un impact sur la sécurité de fonctionnement de

l'équipement, en partie du fait de la température de décharge plus élevée du HFC-32. L'annulation de la garantie du fabricant pourrait être envisagée pour décourager ce genre de pratiques potentielles, ainsi que le développement d'un dispositif de chargement spécial pour le R-454B, si possible.

59. Prenant note que la reconversion des cinq entreprises aboutira à la reconversion de l'intégralité du secteur de la fabrication des climatiseurs résidentiels, il a été convenu que le gouvernement de l'Égypte interdirait l'importation et la fabrication d'équipements de climatisation résidentiels d'ici le 1^{er} janvier 2023, conformément à la décision 79/25. En ce qui concerne l'éligibilité future des entreprises, il existe une condition commune que les cinq entreprises ne seront pas éligibles à un soutien financier supplémentaire du Fonds Multilatéral pour éliminer les HCFC ou le R-410A. De plus, le Secrétariat pense que, confortement aux paragraphes 17 et 18 de la décision XXVIII/2, les entreprises ne seront pas non plus éligibles pour la réduction progressive de leur consommation de HFC-32, et ce point de vue était partagé par le gouvernement de l'Égypte et les entreprises.

Incidence sur le climat

61. Le remplacement du HCFC-22 par le HFC-32 dans le secteur de la climatisation permettra d'éviter des émissions de 2 223 435 tm éq. CO₂ (à partir de la valeur de référence d'émissions de 5 797 387 tm éq. CO₂ passant à 3 573 952 tm éq. CO₂), sur la base de l'indicateur révisé des incidences sur le climat (MCII) du Fonds multilatéral.

Cofinancement

62. Le total des coûts acceptés pour la reconversion du secteur de la climatisation résidentielle s'élève à 10 926 623 \$US ; d'autres coûts supplémentaires, tels que des investissements pour la reconversion de dispositifs d'échangeurs de chaleur (si nécessaire) seraient à la charge des entreprises. Le gouvernement de l'Égypte fournira un cofinancement sous forme d'un soutien en nature pour mettre en œuvre les mesures réglementaires et les mesures politiques nécessaires pour assurer la pérennité de la reconversion du secteur de la climatisation résidentielle à des solutions de remplacement à faible PRP.

Révision de l'Accord du PGEH

63. Conformément à la décision 79/34(d), le gouvernement a proposé de réviser l'accord concernant la phase II du PGEH. Sur la base de la durée du projet, il a été convenu de diviser le financement associé au projet de reconversion de cinq entreprises de fabrication d'équipements de climatisation résidentiels entre les tranches de 2019, 2021 et 2023 ; de modifier les objectifs de 2023, 2024 et 2025 spécifiés dans la rangée 1.2 conformément à la note de bas de page de l'Appendice 2-A convenu lors de la 79^e réunion¹⁷ ; de déduire 65,44 tonnes PAO de HCFC-22 de la consommation restante éligible au financement, d'actualiser l'objectif de l'usage réglementé indiqué au paragraphe 1 à 115,54 tonnes PAO, et d'ajouter un nouveau paragraphe, le paragraphe 17, indiquant que l'accord a été mis à jour, comme figurant à l'annexe II du présent document. L'Accord intégral révisé sera joint au rapport final de la 84^e réunion.

Pérennité de l'élimination des HCFC

64. Le gouvernement de l'Égypte a promulgué des réglementations qui soutiennent les reconversions dans le secteur de la fabrication des mousses de polyuréthane, notamment une interdiction des importations du HCFC-141b contenu dans les polyols prémélangés à compter du 1^{er} janvier 2018, et une interdiction de l'importation, l'utilisation et l'exportation de HCFC-141b en vrac, et de l'exportation du HCFC-141b contenu dans les polyols prémélangés qui entrera en vigueur au 1^{er} janvier 2020. Le

¹⁷ La consommation totale maximum autorisée des substances du Groupe I de l'Annexe C, 1 sera encore réduite de 10 tonnes PAO au plus après l'approbation du plan de secteur de la climatisation domestique dans le cadre de la phase II.

gouvernement s'est également engagé à interdire l'utilisation des HCFC et des mélanges de HCFC dans la fabrication des mousses de polystyrène extrudé d'ici au 1^{er} janvier 2023 ; à interdire l'importation de HCFC-142b et de mélanges de HCFC-142b d'ici au 1^{er} janvier 2023 ; et avec l'approbation du projet de reconversion de cinq entreprises du secteur de la fabrication d'équipements de climatisation résidentiels, d'interdire l'importation et la fabrication des équipements de climatisation résidentiels contenant du HCFC-22 d'ici au 1^{er} janvier 2023 ; et de s'engager à assurer le contrôle total des équipements de climatisation résidentiels contenant du R-410A ou du R-407C, importés ou mis sur le marché local ; et de s'engager à garantir l'adoption du HFC-32, et l'adoption de la technologie à base de R-454B par le marché local si les entreprises optaient pour cette dernière une fois la technologie devenue disponible.

Conclusion

65. La mise en œuvre du PGEH avance, le système d'autorisation et de quotas des importations du pays est opérationnel, et la consommation vérifiée se situe au-dessous des objectifs de 2018. Les reconversions dans le secteur des mousses de polyuréthane progressent et toutes les entreprises seront en mesure d'être en conformité avec l'interdiction, à compter du 1^{er} janvier 2020, de l'importation, l'utilisation et l'exportation de HCFC-141b en vrac, et l'exportation du HCFC-141b contenu dans les polyols prémélangés. Le niveau de décaissement est également supérieur à 33 pour cent. Les activités planifiées dans le cadre de la deuxième tranche permettront la reconversion du secteur de la fabrication des mousses de polystyrène extrudé, qui sera achevée avec le financement de la troisième tranche, et qui renforcera plus avant la capacité des agents des douanes et de ceux chargés du respect des lois, et renforcera aussi le secteur de l'entretien, activités qui contribueront à assurer que le pays continue à respecter ses obligations stipulées au titre du Protocole. En l'absence d'un projet pour la reconversion du secteur de la fabrication des climatiseurs résidentiels à des solutions de remplacement à faible PRP, quatre des cinq entreprises commenceront probablement par fabriquer exclusivement des équipements à base de R-410A sur leurs chaînes de production existantes ; le projet, notamment le cadre de facilitation et les mesures politiques qui l'accompagnent, sera essentiel pour éviter ce résultat et envoyer un signal au marché de se reconvertir à des technologies à faible PRP, qui pourront orienter le trajet de la transformation du marché dans ce secteur en faveur des solutions de remplacement à faible PRP.

RECOMMANDATION

66. Le Comité exécutif pourrait envisager de :

- (a) Prendre note du rapport périodique de la mise en œuvre de la première tranche de la phase II du plan de gestion de l'élimination des HCFC (PGEH) pour l'Égypte ;
- (b) Approuver le projet de reconversion d'El-Araby, Fresh, Miraco, Power et Unionaire pour passer du HCFC-22 au HFC-32, et, si les entreprises en décidaient ainsi une fois que cette technologie sera disponible, au R-454B, utilisés dans la fabrication des équipements de climatisation résidentiels, pour un montant de 10 926 623 \$US plus coûts d'appui de 764 864 \$US pour l'ONUDI ;
- (c) Déduire 65,44 tonnes PAO de HCFC-22 de la consommation restante de HCFC éligible au financement ;
- (d) Prendre note de l'engagement du gouvernement de l'Égypte de parvenir à un niveau durable de 115,54 tonnes PAO d'ici au 1^{er} janvier 2025 en conformité avec le calendrier du Protocole de Montréal ;

- (e) Prendre note :
- (i) De l'engagement du gouvernement de l'Égypte de :
- a. Interdire l'importation et la fabrication d'équipements de climatisation résidentiels contenant du HCFC-22 d'ici au 1^{er} janvier 2023 ;
 - b. Assurer le contrôle intégral des équipements de climatisation résidentiels contenant du R-410A et du R-407C, importés ou mis sur le marché local ; et
 - c. Garantir l'adoption du HFC-32 et si les entreprises optaient pour cette substance une fois la technologie devenue disponible, celle du R-454B par le marché local ;
- (ii) L'engagement d'El-Araby, Fresh, Miraco, Power et Unionaire de participer activement aux efforts de promotion de l'acceptation sur le marché des équipements de climatisation résidentiels basés sur la technologie convenue et de veiller à ce que la fabrication de leurs équipements à base de R-410A destinés au marché local décroisse progressivement jusqu'à ce que les entreprises fabriquent uniquement des équipements pour le marché local sur la base de la technologie convenue ou d'une technologie à faible PRP.
- (f) Que le Secrétariat a mis à jour l'Appendice 2-A de l'accord conclu entre le gouvernement de l'Égypte et le Comité exécutif sur la base de l'approbation de la proposition de projet mentionnée à l'alinéa (b) ci-dessus, ainsi que la déduction du tonnage de HCFC indiqué à l'alinéa (c) ci-dessus, a mis à jour l'objectif de l'usage réglementé indiqué au paragraphe 1 qui passe à 115,54 tonnes PAO, et qu'un nouveau paragraphe, le paragraphe 17, a été ajouté pour indiquer que le présent accord révisé remplace celui conclu à la 79^e réunion du Comité exécutif, et qu'il figure à l'annexe II au présent document ; et
- (g) Approuver la deuxième tranche de la phase I du PGEH pour l'Égypte et le plan de mise en œuvre de la tranche 2019-2022 correspondant, pour un montant de 6 991 764 \$US, soit 4 668 214 \$US plus coûts d'appui d'agence de 326 775 \$US pour l'ONUDI, 1 836 750 \$US plus coûts d'appui d'agence de 128 573 \$US pour le PNUD, 279 500 \$US plus coûts d'appui d'agence de 33 394 \$US pour le PNUE et 207 300 \$US plus coûts d'appui d'agence de 26 949 \$US pour le gouvernement de l'Allemagne.

Annexe I

EGYPRA

1. Dix-neuf prototypes de climatiseurs biblocs fabriqués sur mesure avec des compresseurs dédiés fournis par plusieurs entreprises ont été testés dans des laboratoires locaux disponibles accrédités avec des frigorigènes livrés par Arkema, Chemours, Daikin et Honeywell. Les tests ont été répétés aux fins d'optimisation.
2. Les résultats montrent qu'il existe un potentiel d'amélioration de la capacité et de l'efficacité énergétique des prototypes fonctionnant avec des produits de remplacement du HCFC-22 et du R-410A (avec de meilleures améliorations pour les solutions de remplacement du R-410A). Ces améliorations dépendent de la disponibilité et de la sélection des composants appropriés pour les unités qui peuvent fournir les résultats exigés.
3. Il existe un besoin de renforcement des capacités pour permettre aux fabricants de concevoir, optimiser et essayer les dispositifs avec des frigorigènes inflammables afin d'améliorer les performances et répondre aux normes d'efficacité énergétique, et d'améliorer leurs installations d'essais non seulement en termes d'instrumentation mais aussi au niveau de la manipulation des frigorigènes inflammables. Les résultats des tests montrent que tous les frigorigènes utilisés dans le projet sont des produits de remplacement viables d'un point de vue thermodynamique ; toutefois, en comparaison avec les Normes de rendement énergétique minimum pour l'Égypte, les résultats montrent que cela ne sera pas facile pour l'industrie de fournir au cours des prochaines années des dispositifs de climatisation à haut rendement répondant à des exigences rigoureuses. En outre, la viabilité en termes d'autres critères comme la compatibilité, la disponibilité commerciale, la sécurité et les coûts doit faire l'objet de recherches plus poussées.
4. Le Secrétariat a voulu savoir si les constatations et les conclusions de l'EGYPRA étaient les mêmes que celles d'autres programmes d'essais qui avaient également testé des solutions de remplacement à faible PRP dans le secteur de la fabrication d'équipements de climatisation, notamment des projets de démonstration financés par le Fonds Multilatéral. Le tableau 1 compare les critères de conception, les protocoles d'essais, les frigorigènes testés et les contraintes pour quatre programmes de test : AREP-II¹, EGYPR, ORNL² et PRAHA³ :

¹ Programme d'évaluation des frigorigènes de remplacement AHRI, <http://www.ahrinet.org/arep>

² Abdelaziz 2015 Abdelaziz O, Shrestha S, Munk J, Linkous R, Goetzler W, Guernsey M et Kassuga T, 2015. "Alternative Refrigerant Evaluation for High-Ambient-Temperature Environments: R-22 and R-410A Alternatives for Mini-Split Air Conditioners", ORNL/TM-2015/536. Consultable à l'adresse suivante : https://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/10/f27/bto_pub59157_101515.pdf.

³ Rapport du projet PRAHA : <https://www.unenvironment.org/resources/report/promoting-lowgwp-refrigerants-air-conditioning-sectors-high-ambient-temperature>

Tableau 1. Comparaison entre les programmes de tests PRAHA, EGYPRA, ORNL et AREP-II

| Programme | PRAHA | | | | EGYPRA | | | | ORNL – Phase I (Mini climatiseurs biblocs) | | AREP-II |
|--|--|-------------|---------------|----------|--|-------------|-------------|---------|---|-------------------|--|
| 1 Type de test | Prototypes de test fabriqués sur mesure, comparaison avec les dispositifs de base : HCFC-22 et R-410A | | | | Prototypes de test fabriqués sur mesure, comparaison avec les dispositifs de base : HCFC-22 et R-410A | | | | Tests avec optimisation douce, comparaison avec les dispositifs de base : HCFC-22 et R-410A | | Optimisation douce ou substitution directe d'unités individuelles par rapport à une unité de base avec R-410A |
| 2 Nbre de prototypes | 13 prototypes, ayant chacun une capacité et un frigorigène spécifiques, fabriqués par des fabricants d'équipements d'origine (FEO), comparés avec des frigorigènes de base : HCFC-22 et R-410A Total prototypes et unités de base = 22 | | | | 28 prototypes, ayant chacun une capacité et un frigorigène spécifiques, fabriqués par un FEO, comparés avec des frigorigènes de base : HCFC-22 et R-410A Total prototypes et unités de base = 37 | | | | 2 unités commercialement disponibles, légèrement modifiées en vue de la comparaison avec les frigorigènes de base : HCFC-22 et R-410a | | 22 unités provenant de différents FEO allant des biblocs aux refroidisseurs d'eau |
| 3 Nbre de catégories | 60 Hz | | 50 Hz | | 50 Hz | | | | 60 Hz | | 60Hz |
| | Fenêtre | Mini bibloc | Avec conduits | Monobloc | Mini bibloc | Mini bibloc | Mini bibloc | Central | Bibloc | Bibloc | 34 MBH refroidisseurs, 2x 36 MBH biblocs, 48 MBH monoblocs, 60 MBH monoblocs, 72 MBH monoblocs |
| | 18 MBH | 24 MBH | 36 MBH | 90 MBH | 12 MBH | 18 MBH | 24 MBH | 120 MBH | 18 MBH éq. R-22 | 18 MBH éq. R-410a | |
| 4 Conditions d'essais | Norme ANSI/AHRI 210/240 et ISO 5151 aux conditions T1, T3 et T3+ (50°C) et un test de continuité pendant 2 heures à 52°C | | | | EOS 4814 et 3795 (ISO 5151) aux conditions T1, T2 et T3 | | | | Norme ANSI/AHRI 210/240 et ISO 5153 – condition T3 (2010) | | ANSI/AHRI 210/240 aux conditions T1, T3 et à 125 °F |
| 5 Prototypes fournis et tests réalisés | Prototypes fabriqués chez six FEO, test chez Intertek | | | | Prototypes fabriqués chez 8 FEO, test témoin dans les laboratoires du FEO | | | | ORNL, un fournisseur – optimisation douce sur place | | Fournisseurs individuels, essais dans leurs propres locaux |
| 6 Frigorigènes testés | Eq. HCFC-22 : HC-290, R-444B (L-20), DR-3 | | | | Eq. HCFC-22 : HC-290, R-444B (L-20), DR-3, R-457A (ARM-32d) | | | | Eq. HCFC-22 :N-20B, DR-3, ARM-20B, R-444B (L-20A), HC-290 | | Eq. R-410A : HFC-32, DR-5A, DR-55, L-41-1, L-41-2, ARM-71a, HPR2A |
| | Eq. R-410A : HFC-32, R-447A (L-41-1), R-454B (DR-5A) | | | | Eq. R-410A : HFC-32, R-447A (L-41-1), R-454B (DR-5A), ARM-71d | | | | Eq. R-410A : HFC-32, R-447A (L-41-1), DR-55, ARM-71d, HPR-2A | | |
| | Rapport final fin mars 2016 | | | | | | | | | | |
| 7 Contraintes | Fabriquer de nouveaux prototypes avec des compresseurs dédiés pour les frigorigènes sélectionnés s'adaptant aux mêmes dimensions de boîtier que le modèle initial et comparaison des performances et de l'efficacité avec des modèles de base contenant du HCFC-22 et R-410A | | | | Fabriquer de nouveaux prototypes avec des compresseurs dédiés pour les frigorigènes sélectionnés avec les mêmes conditions pour répondre aux mêmes capacités de conception des modèles sélectionnés en comparaison avec des dispositifs contenant du HCFC-22 et R-410A | | | | Changer certains composants des deux prototypes pour s'adapter aux différents frigorigènes dans un processus d'optimisation douce | | -Produit de substitution ; -Optimisation douce en ajustant le dispositif d'expansion, la quantité de la charge et en changeant le type d'huile ; -Un cas d'ajustement de la vitesse du compresseur en utilisant des entraînements à vitesse variable |

*MBH = Mille unités thermales britanniques

5. EGYPRA, tout en étant d'une conception identique aux autres projets, présente les caractéristiques distinctes suivantes :

- (a) EGYPRA est un programme du PGEH conçu pour faire participer les fabricants locaux aux prises de décision au sujet des meilleures solutions de remplacement des frigorigènes pour leur industrie. La seconde phase du programme offrira aux fabricants des informations sur le processus d'optimisation ;
- (b) Le programme mobilise davantage de fabricants, à l'exception d'AREP, et teste davantage de prototypes que les trois autres. Les huit frigorigènes de remplacement couvrent les frigorigènes disponibles au moment de la construction des prototypes ;

- (c) EGYPRA ne se concentre pas seulement sur les températures ambiantes élevées mais sur toute la gamme de températures pouvant être observées en Égypte ; et
- (d) Les résultats des tests présentés expliquent plus facilement les relations entre le frigorigène, la température ambiante, l'application des équipements et les performances.

6. EGYPRA n'a pas été comparé avec le rapport final sur le projet de démonstration chez des fabricants d'équipements de climatisation pour développer des climatiseurs de fenêtre et des climatiseurs monoblocs utilisant des frigorigènes à faible PRP en Arabie Saoudite, ni avec le rapport final sur le projet de démonstration de l'élimination du HCFC-22 dans la fabrication d'équipements de climatisation à usage commercial chez Industrias Thermotar Ltda en Colombie.

Annexe II

TEXTE À INCLURE DANS LE PROJET D'ACCORD RÉVISÉ ENTRE LE GOUVERNEMENT DE L'ÉGYPTÉ ET LE COMITÉ EXÉCUTIF DU FONDS MULTILATÉRAL POUR LA RÉDUCTION DE LA CONSOMMATION DES HYDROFLUOROCARBURES CONFORMÉMENT À LA DEUXIÈME PHASE DU PLAN DE GESTION DE L'ÉLIMINATION DES HCFC

(Les changements pertinents sont indiqués en gras par souci de clarté)

1. Le présent Accord représente l'entente conclue entre le gouvernement de l'Égypte et le Comité exécutif concernant la réduction de l'usage réglementé des substances appauvrissant la couche d'ozone (SAO) indiquées à l'appendice 1-A (les « Substances ») à un niveau durable de 115,54 tonnes PAO d'ici le 1^{er} janvier 2025, conformément au calendrier de réduction du Protocole de Montréal.
2. Le présent Accord révisé remplace l'Accord conclu entre le gouvernement de l'Égypte et le Comité exécutif à la 79^e réunion du Comité exécutif.

APPENDICE 2-A: LES OBJECTIFS ET LE FINANCEMENT

| Ligne | Rubrique | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | Total |
|-------|--|-----------|--------|------------------|--------|------------------|--------|------------------|---------------|---------------|-------------------|
| 1.1 | Calendrier de réduction des substances du groupe I de l'annexe C du Protocole de Montréal (tonnes PAO) | 347,64 | 347,64 | 347,64 | 251,08 | 251,08 | 251,08 | 251,08 | 251,08 | 125,54 | s.o. |
| 1.2 | Consommation totale maximum autorisée des substances du groupe I de l'annexe C (tonnes PAO) | 347,64 | 289,70 | 289,70 | 251,08 | 251,08 | 251,08 | 241,08 | 241,08 | 115,54 | s.o. |
| 2.1 | Financement convenu pour l'Agence principale (ONUDI) (\$US) | 3 356 641 | 0 | 4 668 214 | 0 | 4 664 196 | 0 | 4 039 413 | 0 | 195 000 | 16 923 464 |
| 2.2 | Coûts d'appui pour l'Agence principale (ONUDI) (\$US) | 234 965 | 0 | 326 775 | 0 | 326 494 | 0 | 282 759 | 0 | 13 650 | 1 184 642 |
| 2.3 | Financement convenu pour l'Agence de coopération (PNUD) (\$US) | 1 042 352 | 0 | 1 836 750 | 0 | 816 620 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 695 722 |
| 2.4 | Coûts d'appui pour l'Agence de coopération (PNUD) (\$US) | 72 965 | 0 | 128 573 | 0 | 57 163 | 0 | 0 | 0 | 0 | 258 701 |
| 2.5 | Financement convenu pour l'Agence de coopération (PNUD) (\$US) | 230 000 | 0 | 279 500 | 0 | 260 000 | 0 | 180 000 | 0 | 105 500 | 1 055 000 |
| 2.6 | Coûts d'appui pour l'Agence de coopération | 27 480 | 0 | 33 394 | 0 | 31 064 | 0 | 21 506 | 0 | 12 605 | 126 050 |

| Ligne | Rubrique | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025 | Total |
|-------|--|-----------|------|-----------|------|-----------|------|-----------|------|---------|------------|
| | (PNUE) (\$US) | | | | | | | | | | |
| 2.7 | Financement convenu pour l'Agence de coopération (Allemagne) (\$US) | 0 | 0 | 207 300 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 207 300 |
| 2.8 | Coûts d'appui pour l'Agence de coopération (Allemagne) (\$US) | 0 | 0 | 26 949 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 26 949 |
| 3.1 | Total du financement convenu (\$US) | 4 628 993 | 0 | 6 991 764 | 0 | 5 740 816 | 0 | 4 219 413 | 0 | 300 500 | 21 881 486 |
| 3.2 | Total des coûts d'appui (\$US) | 335 410 | 0 | 515 690 | 0 | 414 721 | 0 | 304 265 | 0 | 26 255 | 1 596 342 |
| 3.3 | Total des coûts convenus (\$US) | 4 964 403 | 0 | 7 507 454 | 0 | 6 155 537 | 0 | 4 523 678 | 0 | 326 755 | 23 477 828 |
| 4.1.1 | Élimination totale du HCFC-22 convenue aux termes du présent Accord (tonnes PAO) | | | | | | | | | | 135,7 |
| 4.1.2 | Élimination du HCFC-22 réalisée lors de la phase précédente (tonnes PAO) | | | | | | | | | | 6,13 |
| 4.1.3 | Consommation restante admissible de HCFC-22 (tonnes PAO) | | | | | | | | | | 98,09 |
| 4.2.1 | Élimination totale du HCFC-123 convenue aux termes du présent Accord (tonnes PAO) | | | | | | | | | | 0 |
| 4.2.2 | Élimination du HCFC-123 réalisée lors de la phase précédente (tonnes PAO) | | | | | | | | | | 0 |
| 4.2.3 | Consommation restante admissible de HCFC-123 (tonnes PAO) | | | | | | | | | | 0,11 |
| 4.3.1 | Élimination totale du HCFC-141b convenue aux termes du présent Accord (tonnes PAO) | | | | | | | | | | 33,92** |
| 4.3.2 | Élimination du HCFC-141b réalisée lors de la phase précédente (tonnes PAO) | | | | | | | | | | 95,69 |
| 4.3.3 | Consommation restante admissible de HCFC-141b (tonnes PAO) | | | | | | | | | | 0 |
| 4.4.1 | Élimination totale du HCFC-142b convenue aux termes du présent Accord (tonnes PAO) | | | | | | | | | | 16,36 |
| 4.4.2 | Élimination du HCFC-142b réalisée lors de la phase précédente (tonnes PAO) | | | | | | | | | | 0 |
| 4.4.3 | Consommation restante admissible de HCFC-142b (tonnes PAO) | | | | | | | | | | 0 |
| 4.5.1 | Élimination totale du HCFC-141b dans les polyols prémélangés importés convenue aux termes du présent Accord (tonnes PAO) | | | | | | | | | | 26,16 |
| 4.5.2 | Élimination du HCFC-141b dans les polyols prémélangés importés réalisée lors de la phase précédente (tonnes PAO) | | | | | | | | | | 72,18 |
| 4.5.3 | Consommation restante admissible de HCFC-141b dans les polyols prémélangés importés (tonnes PAO) | | | | | | | | | | 0 |

* Comprenant l'élimination de 4,4 tonnes PAO approuvée lors de la 76^e réunion et incorporée au présent Accord.

Note : Date d'achèvement de la phase I selon l'Accord de la phase I : 31 décembre 2019.



EGYPRA – Promotion of Low-GWP Refrigerants for the Air Conditioning Industry in Egypt

2019

Report

Project supported by the Multilateral Fund of the Montreal Protocol



UNITED NATIONS ENVIRONMENT



UNITED NATIONS INDUSTRIAL DEVELOPMENT ORGANIZATION

Disclaimer

This report may be reproduced in whole or in part and in any form for educational or non-profit purposes without special permission from United Nations Industrial Development Organization (UNIDO) and United Nations Environment (UNEP), provided acknowledgement of the source is made. UNIDO and UNEP would appreciate receiving a copy of any publication that uses this publication as a source. No use of this publication may be made for resale or for any other commercial purpose whatsoever without prior permission in writing from UNIDO and UNEP.

While the information contained herein is believed to be accurate, it is of necessity presented in a summary and general fashion. The decision to implement one of the options presented in this document requires careful consideration of a wide range of situation-specific parameters, many of which may not be addressed by this document. Responsibility for this decision and all its resulting impacts rests exclusively with the individual or entity choosing to implement the option. UNIDO, UNEP, their consultants and the reviewers and their employees do not make any warranty or representation, either expressed or implied, with respect to the accuracy, completeness or utility of this document; nor do they assume any liability for events resulting from the use of, or reliance upon, any information, material or procedure described herein, including but not limited to any claims regarding health, safety, environmental effects, efficacy, performance, or cost made by the source of information.

Acknowledgement

We would like to acknowledge the assistance given by the government and the National Ozone Unit Officers of Egypt for their support in the implementation of the project phases and their assistance in facilitating communication with the different stakeholders.

We also acknowledge the independent International Technical Review Team that assist the project team in reviewing the process, results and the report of the project.

Prof. Roberto Peixoto (Brazil)
Prof. Walid Chakroun (Kuwait)
Dr. Omar Abdel Aziz (USA/UAE)

Acknowledgement also goes to the “Technology Providers” (Refrigerant and Compressor manufacturers) for providing components free of charge.

Refrigerant Providers: Arkema, Chemours, Daikin, and Honeywell.
Compressor providers: Emerson, Highly, and GMCC.

Also the OEM manufacturers who built the prototypes and tested them at their own facilities. The OEMs are listed under item 1.6

Delta Construction Manufacturing (DCM)
Elaraby
Egyptian German Air Treatment Company (EGAT)
Fresh
Miraco
Power
Unionaire
Volta

Project Team

The National Ozone Unit – Ministry of Environment, Egypt: EGYPRA is funded by the HCFC Phase-out Management Plan (HPMP) of Egypt. The ministry team provided guidance and direction and participated at project meetings and discussions.

The Project Management: UN Environment and UNIDO provided overall management and coordination of the project, established the link with the technology providers, and oversaw the development of the report of the project. The Project was managed by Dr. Lamia Benabbas, Programme Officer – UNIDO and Mr. Ayman Eltalouny, International Partnership Coordinator, OzoneAction Programme – UN Environment

The Egyptian Organization for Standards: provided guidance on the Egyptian standards for testing as well as the minimum energy performance standards (MEPS).

The Technical Consultant, Dr. Alaa Olama advised OEMs during prototype design and construction. Devised testing methodology and testing TOR, consulted with OEMs to provide technical solutions for problems as they arose. The Technical Consultant witnessed-testing of all prototypes and baseline units, compiled testing data, and provided analysis of data.

The Coordination Consultant, Mr. Bassam Elassaad provided logistical support and coordination for the project and helped with writing of the final report.

Contents

| | |
|--|-----------|
| List of Figures | vi |
| List of Tables | vii |
| Acronyms | viii |
| Executive Summary | x |
| 1. Introduction | 1 |
| 1.1. Egypt HPMP..... | 1 |
| 1.2. Project Objectives | 1 |
| 1.3. Selection of Alternative Refrigerants | 2 |
| 1.4. Selection of Capacity Categories | 3 |
| 1.5. Stakeholders: | 4 |
| 1.6. Methodology..... | 5 |
| 1.7. Testing Parameters and Facilities..... | 6 |
| 2. Results | 9 |
| 2.1 Presentation and Analysis of Results | 10 |
| 2.1.1. Analysis of Capacity and EER Performance for HCFC-22 Alternatives | 10 |
| 2.1.2. Analysis of Capacity and EER Performance for R-410A Alternatives | 14 |
| 3. Analytical comparison & way forward..... | 17 |
| 3.1. Capacity and EER behaviour of HCFC-22 Alternatives for each category across all refrigerants and testing temperatures | 18 |
| 3.2. Capacity and EER behaviour of HCFC-22 Alternatives for each refrigerant across all categories and testing temperatures | 19 |
| 3.3. Capacity and EER behaviour of HCFC-22 Alternatives for each testing temperature across all categories and refrigerants | 19 |
| 3.4. Capacity and EER behaviour of R-410A Alternatives for each category across all refrigerants and testing temperatures | 20 |
| 3.5. Capacity and EER behaviour of R-410A Alternatives for each refrigerant across all categories and testing temperatures | 20 |
| 3.6. Capacity and EER behaviour of R-410A Alternatives for each temperature across all categories and refrigerants | 21 |
| 4. Energy Efficiency and Progressive Changes in MEPS for Egypt | 22 |
| 5. Conclusion | 26 |
| 5.1. Technical Conclusion..... | 26 |
| 5.2. Capacity Building Requirements | 26 |
| Bibliography | 28 |
| Annex 1: Test Results..... | 29 |
| Annex 2: Sample Questionnaire for Local Manufacturers | 42 |
| Annex 3: Brief description of Manufacturers' testing labs | 44 |

List of Figures

Figure 1 Capacity vs. EER ratio for HCFC-22 alternatives in 12,000 Btuh split units 11

Figure 2 Capacity vs EER Ratio for HCFC-22 alternatives in 18,000 Btuh split units 12

Figure 3 Capacity vs. EER ratio for HCFC-22 alternatives in 24,000 Btuh split units 13

Figure 4 Capacity vs EER ratio for R-410a alternatives in 12,000 Btuh split units 14

Figure 5 Capacity vs EER ratio for R-410A alternatives in 18,000 Btuh split units (..... 15

Figure 6 Capacity vs EER ratio for R-410A alternatives in 24,000 Btuh split units 16

Figure 7 Example of pie chart for HCFC-22 alternatives in the 12,000 Btuh category..... 18

Figure 8 capacity and EER Performance of HCFC-22 alternatives for each category across all refrigerants and all testing temperatures 18

Figure 9 capacity and EER performance for HCFC-22 alternatives for each refrigerant across all categories and all testing temperatures 19

Figure 10 Capacity and EER performance of HCFC-22 alternatives for each testing temperature across all categories and all refrigerants..... 19

Figure 11 capacity and EER performance of R-410A alternatives for each category across all refrigerants and all testing temperatures 20

Figure 12 Capacity and EER performance of R-410A alternatives for each refrigerant across all categories and all testing temperatures 20

Figure 13 Capacity and EER performance of R-410A alternatives for each testing temperature across all categories and refrigerants 21

Figure 14: EER curves for the highest in each class plotted vs. the standard regulation year..... 24

Figure 15 A1 - Equivalent capacity charts for HCFC-22 alternatives in 12,000 Btuh category plotted vs HCFC-22 results 30

Figure 16 A1 - Equivalent EER chart for HCFC-22 alternatives in 12,000 Btuh category plotted vs HCFC-22 results 31

Figure 17 A1 - Equivalent capacity charts for HCFC-22 alternatives in 18,000 Btuh category plotted vs HCFC-22 results 32

Figure 187 A1 - Equivalent EER charts for HCFC-22 alternatives in 18,000 Btuh category plotted vs HCFC-22 results 33

Figure 19 A1 - Equivalent capacity charts for HCFC-22 alternatives in 24,000 Btuh category plotted vs HCFC-22 results 34

Figure 20 A1 - Equivalent EER chart for HCFC-22 alternatives in 24,000 Btuh category plotted vs HCFC-22 results 35

Figure 21 A1 - Equivalent capacity chart for R410A alternatives in 12,000 Btuh category plotted vs R-410A results 36

Figure 22 A1 - Equivalent EER chart for R-410A alternatives in 12,000 Btuh category plotted vs R-410A results 37

Figure 23 A1- Equivalent capacity charts for R-410A alternatives in 18,000 Btuh category plotted vs R-410A results 38

Figure 24 A1 - Equivalent EER chart for R-410A alternatives in 18,000 Btuh category plotted vs R-410A results 39

Figure 25 A1 - Equivalent capacity charts for R-410A alternatives in 24,000 Btuh category plotted vs R-410A results 40

Figure 26 A1 - Equivalent EER chart for R-410A alternatives in 24,000 category plotted vs R-410A results.. 41

List of Tables

| | |
|---|----|
| Table 1 List of HCFC-22 alternative refrigerants | 2 |
| Table 2 List of R-410A alternative refrigerants..... | 3 |
| Table 3 Matrix of prototypes showing refrigerants selected for each equipment category | 3 |
| Table 4 Prototypes and type of refrigerant built by the different OEMs..... | 5 |
| Table 5 Testing conditions for outdoor and indoor dry and wet bulb temperatures..... | 6 |
| Table 6: Conditions and relevant results for the rooftop unit simulated using the ORNL Flexible HPDM simulation tool..... | 9 |
| Table 7 Comparison of HCFC-22 alternatives for 12,000 Btuh split units | 11 |
| Table 8 Comparison of HCFC-22 alternatives for 18,000 Btuh split units | 12 |
| Table 9 Comparison of HCFC-22 alternatives for 24,000 Btuh split units | 13 |
| Table 10 Comparison of R-410A alternatives for 12,000 Btuh split units | 14 |
| Table 11 Comparison of R-410A alternatives for 18,000 Btuh split units | 15 |
| Table 12 Comparison of R-410A alternatives for 24,000 Btuh split units | 16 |
| Table 13 Example of calculation of the comparative pie charts | 17 |
| Table 14: Egypt Energy Ratings per 2014 Standard | 22 |
| Table 15: Egypt Energy Ratings per 2017 Standard | 22 |
| Table 16: Egypt Energy Ratings per 2019 Standards..... | 23 |
| Table 17: Egypt Energy ratings per 2021 Standard | 23 |
| Table 18: EER Values at T1 according to the Egyptian Standard ES: 3795/2016 | 24 |
| Table 19 A1: Capacity and EER Results for HCFC-22 alternatives in 12,000 Btuh category..... | 30 |
| Table 20 A1- Capacity and EER results for HCFC-22 alternatives in 18,000 Btuh category..... | 32 |
| Table 21 A1 - Capacity and EER results for HCFC-22 alternatives in 24,000 Btuh category..... | 34 |
| Table 22 A1 - Capacity & EER results for R-410A alternatives in 12,000 Btuh category | 36 |
| Table 23 A1 - Capacity & EER results for R-410A alternatives in 18,000 Btuh category | 38 |
| Table 24 A1 - Capacity & EER results for R-410A alternatives in 24,000 Btuh category | 40 |
| Table 25 A3: Typical parameters shown on a testing lab monitoring screen | 46 |
| Table 26 A4 - Results for PRAHA-I program | 48 |
| Table 27 A4 - Results for the AREP program | 49 |
| Table 28 A4 - Results for the ORNL program..... | 50 |

Acronyms

| | |
|--------|--|
| AHRI | Air Conditioning, Heating, and Refrigeration Institute |
| ANSI | American National Standards Institute |
| AREP | Alternative Refrigerant Evaluation Program |
| ASHRAE | American Society of Heating, Refrigerating, and Air Conditioning Engineers |
| Btuh | Also denoted as BTU/h or B.t.u/hr = British Thermal Unit per Hour |
| BV | Burning Velocity |
| CAP | Capacity |
| CC | Cooling Capacity |
| CFC | Chloro Fluoro Carbon |
| COP | Coefficient of Performance |
| DB | Dry Bulb |
| DC | District Cooling |
| DX | Direct Expansion |
| EE | Energy Efficiency |
| EER | Energy Efficiency Ratio |
| EGYPRA | Egyptian Program for Promoting Low-GWP Refrigerant Alternatives |
| EN | European Norms (Standards) |
| EPA | Environmental Protection Agency (US) |
| GWP | Global Warming Potential |
| HAT | High Ambient Temperature |
| HC | Hydro Carbons |
| HCFC | Hydro Chloro Fluoro Carbon |
| HFC | Hydro Fluoro Carbon |
| HFO | Hydro Fluoro Olefins |
| HPMP | HCFC Phase-out Management Plan |
| HVACR | Heating, Ventilation, Air Conditioning and Refrigeration |
| HX | Heat Exchanger |
| IU | Indoor Unit |
| IEC | International Electrotechnical Commission |
| IPR | Intellectual Property Rights |
| ISO | International Standards Organization |
| Kg | Kilograms |
| kW | Kilowatts |
| LCCP | Life Cycle Climate Performance |
| LFL | lower Flammability Limit |
| MEPS | Minimum Energy Performance Standards |
| MOP | Meeting of Parties |
| MP | Montreal Protocol |
| NOU | National Ozone Unit |
| ODP | Ozone Depleting Potential |
| ODS | Ozone Depleting Substances |
| OEM | Original Equipment Manufacturer |
| PRAHA | Promoting Low-GWP Refrigerants for the Air Conditioning in HAT Countries |
| PSI | Pounds per Square Inch |
| RAC | Refrigeration and Air Conditioning |
| ROWA | UNEP Regional Office for West Africa |
| RTOC | Refrigeration, Air Conditioning, and Heat pump & Technical Options Committee |

| | |
|-------|--|
| SCFM | Standard Cubic Foot per Minute |
| SHR | Sensible Heat ratio |
| SNAP | Significant New Alternative Policy |
| Tdb | Dry Bulb Temperature |
| Twb | Wet Bulb Temperature |
| TEAP | Technical & Economic Assessment Panel |
| TEWI | Total Equivalent Warming Impact |
| TF | Task Force |
| TWB | Wet Bulb Temperature |
| UNEP | United Nations Environment |
| UNIDO | United Nations Industrial Development Organization |
| USD | US Dollars |
| VC | Vienna Convention |
| VRF | Variable Refrigerant Flow |
| WB | Wet Bulb |
| WG | Working Group |

Executive Summary

HCFCs are used extensively in the refrigeration and air conditioning industry, in particular in the air-conditioning industry. Parties to the Montreal Protocol, in their 21st meeting, adopted a decision concerning HCFCs and environmentally sound alternatives. The decision calls for further assessment and support work to enable parties to find the best ways of moving forward particularly for those with forthcoming compliance targets related to consumption of HCFC in the air-conditioning sector.

The aim of this program was to individually test custom-built AC split unit prototypes and central unit prototypes, to operate with alternative refrigerants and compare their performance against baseline units. Those baseline units are either HCFC-22 or R-410A. The list of refrigerants used and the split unit categories tested is as per the table below. The project involved building and testing 19 custom built split unit prototypes with dedicated compressors provided by Emerson, GMCC, and Hitachi Highly, and 16 base units by five OEMs. The refrigerants were provided by Arkema, Chemours, Daikin, and Honeywell. All the prototypes and the base units were tested at locally available accredited labs at the time the tests were conducted and witnessed by the project's Technical Consultant who also advised the OEMs during the manufacturing stage. Tests were repeated for optimization by tweaking some of the components. A total of 140 witnessed tests were performed. The central units were built but could not be tested due to lack of locally accredited available labs.

| | Replacement for | Split system (mini-split) | | | Central 120,000 Btuh | |
|--------------------------|-----------------|---------------------------|-------------|-------------|----------------------|---------------|
| | | 12,000 Btuh | 18,000 Btuh | 24,000 Btuh | Std. coil | micro channel |
| HC-290 | HCFC-22 | | | | | |
| HFC-32 | R-410A | | | | | |
| R-457C (Arkema ARM-20a) | HCFC-22 | | | | | |
| R-459A (Arkema ARM -71a) | R-410A | | | | | |
| R-454C (Chemours DR-3) | HCFC-22 | | | | | |
| R-454B (Chemours DR-5A) | R-410A | | | | | |
| R-444B (Honeywell L-20) | HCFC-22 | | | | | |
| R-447A (Honeywell L-41) | R-410A | | | | | |
| HCFC-22 baseline | | | | | | |
| R-410A baseline | | | | | | |

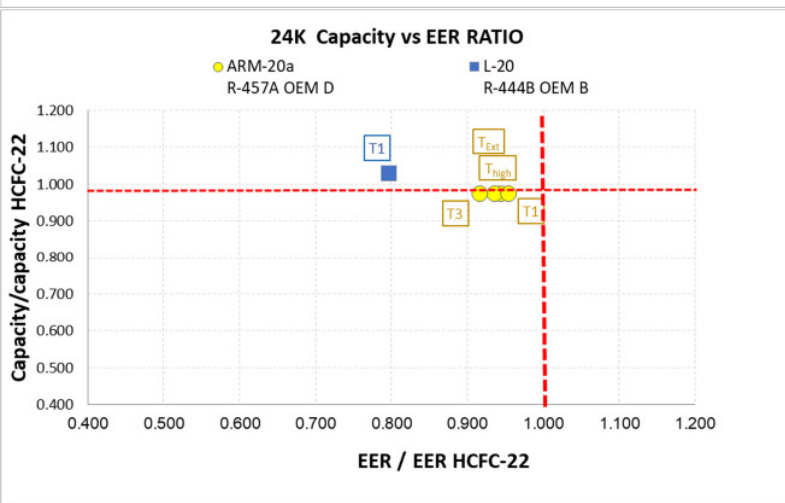
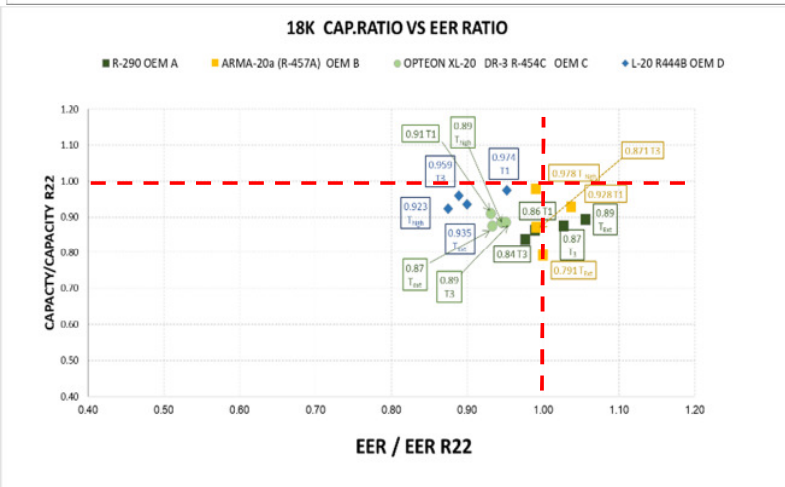
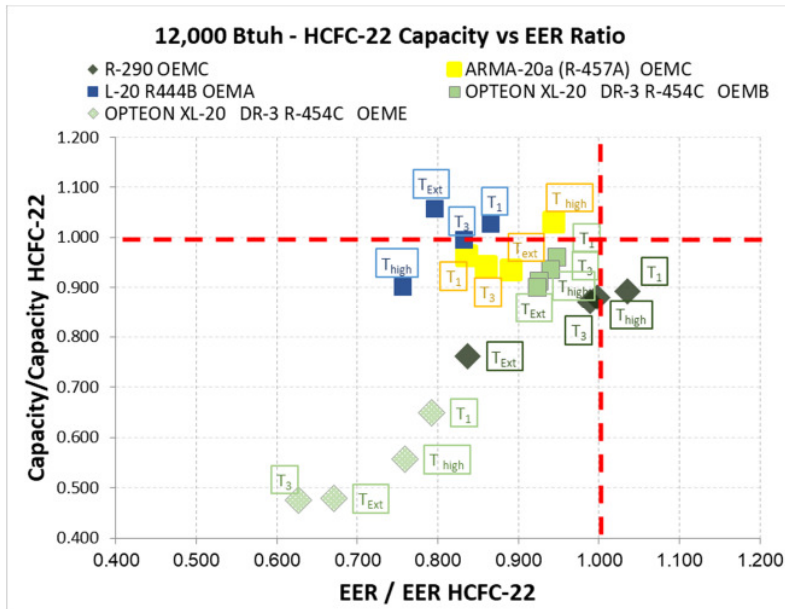
The units were tested at four ambient temperatures: T_1 (35 °C) and T_3 (46 °C) with indoor dry bulb/wet bulb temperatures of 27/19 °C and 29/19 °C respectively, plus two other ambient temperatures of 50 °C termed as T_{High} and 55 °C termed as $T_{Extreme}$ at ISO 5151 specified indoor dry bulb/wet bulb temperature of 32/23 °C (maximum testing condition in ISO 5151). These indoor temperatures are different from the ones used by other testing programs such as AREP and ORNL. The test results gave higher capacities at T_{High} than at T_3 .

The casual reading of the results may establish confusion, even among specialists, in relation to the increase in capacity and EER at T_{High} compared to T_3 . This result is not witnessed in other similar research projects; however, by understanding the impact of changing the dry bulb and wet bulb indoor testing conditions i.e. T_{high} (outdoor 50/24 °C, indoor 32/24 °C) compared to T_3 (outdoor 46/24 °C, indoor 29/19 °C), the results can be explained. These results were randomly double checked through a simulation exercise. The additional exercise to review the results delayed publishing results.

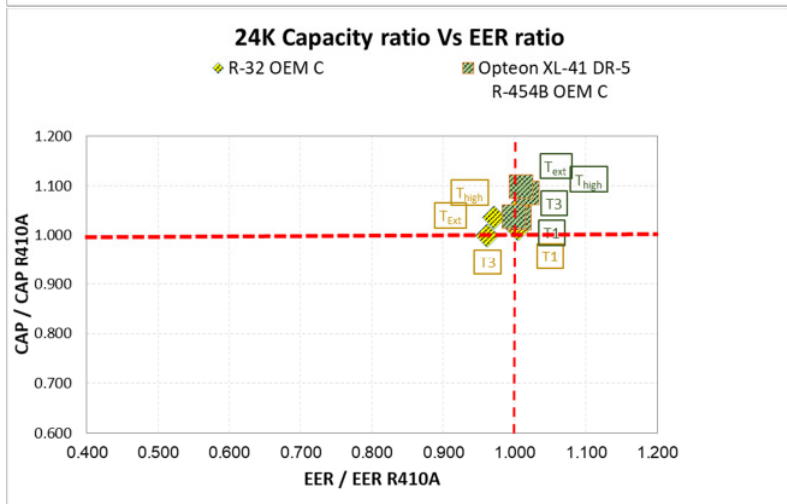
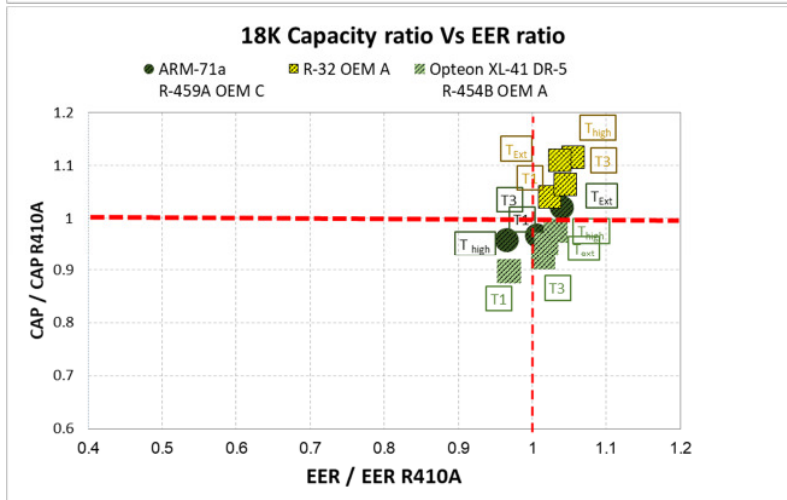
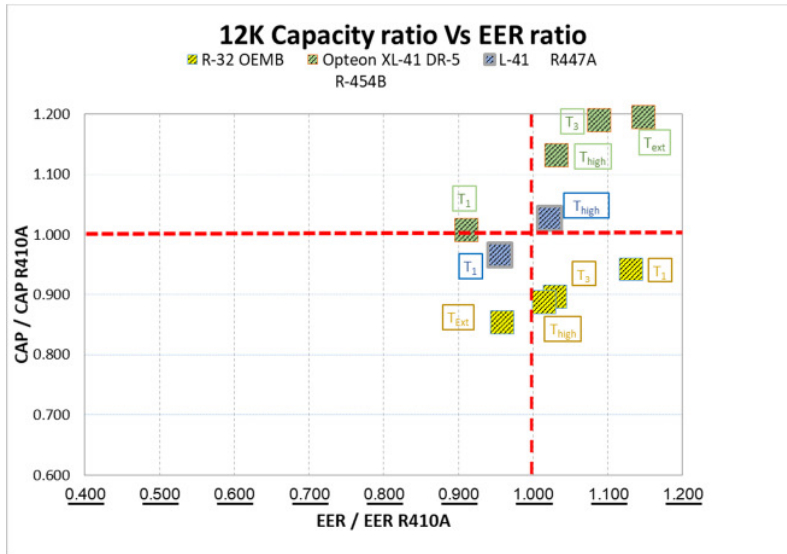
The test results are presented in comparison to the baseline units and color coded to denote the performance over or below the performance of the comparative baseline units. Scattered charts are

plotted for the capacity ratio vs EER ratio for the prototypes vs the baseline units for each of the three unit categories and for the HCFC-22 alternatives and the R-410A alternatives. The red lines denote performance comparable to the base unit

HCFC-22 alternatives



R-410A alternatives



Test results for HCFC-22 alternatives refrigerants demonstrate that:

- Several refrigerant alternatives show 60%, or above, chance for capacity matching or improvement across all categories and at different testing temperatures.
- Most refrigerant alternatives show 50%, or above, chance for EER improvement across all categories and at different testing temperatures.

Test results for R-410A alternatives refrigerants demonstrate that:

- All refrigerants showed improvement in capacity by 25 % to 67 %
- All refrigerants showed improvement in EER by 67 % to 75 %

The results show that there is a potential to improve the capacity and energy efficiency of the prototypes working with alternatives to HCFC-22; however, the potential for improvements for the prototypes working with alternatives to R-410A is better. This conclusion is in line with the outcome of other testing projects shown in Annex 4 and is based on the percentage of test results that were within plus or minus 10% of the results from testing the baseline refrigerants in the same category of equipment. This improvements are dependent on the availability and selection of the right components for units that can deliver the required performance while still be commercially viable.

An outcome of the project is a need for capacity building to enable the participating OEMs to design, optimize, and test units with flammable refrigerants in order to improve the performance and meet the energy efficiency standards. There is a need to upgrade their testing facilities both in terms of instrumentation as well as to handle flammable refrigerants (refer to Annex 3 for a description of the OEM labs).

Test results show that all refrigerants used in the project are viable alternatives from a thermodynamic point of view; however, when compared to MEPS (Minimum Efficiency Performance Standards) for Egypt - see chapter 4 - results show there are challenges for the industry to provide high efficiency AC units meeting stringent requirements in the coming years. Moreover, the viability in terms of the other criteria like compatibility, commercial availability, safety, and cost among others needs to be further researched.

Chapter 1

1. Introduction

HCFCs are used extensively in the refrigeration and air conditioning industry, in particular in the air-conditioning industry. Parties to the Montreal Protocol, in their 21st meeting, adopted a decision concerning HCFCs and environmentally sound alternatives. The decision calls for further assessment and support work to enable parties to find the best ways of moving forward particularly for those with forthcoming compliance targets related to consumption of HCFC in the air-conditioning sector.

The PRAHA project (*Promoting Low-GWP Refrigerant Alternatives for the Air Conditioning Industry in High Ambient Temperature Countries*) was a pioneer project in testing specially built prototypes by local industries in the Middle East and West Asia region using alternatives refrigerants.

Manufacturers of residential and commercial air conditioning equipment in Egypt met with the Montreal Protocol implementing agencies in July 2014 and agreed on participating in a project to build and test prototypes using various HCFC alternatives at preset conditions in order to compare the performance and efficiency of those refrigerant alternatives.

The project's key elements are to:

- a) Asses available low-GWP refrigerant alternatives by building, optimizing, testing and comparing prototypes with those alternatives;
- b) Asses local Energy Efficiency (EE) standards and codes and the effect of using low-GWP refrigerant alternatives on those standards;
- c) Promoting technology transfer by examining and facilitating technology transfer through the HPMP.

The last two elements are part of the Egyptian HPMP and are not included in this report.

1.1. Egypt HPMP

Egypt's starting point for aggregate reductions in its HCFC consumption is the same as its HCFC baseline consumption of 386 ODP tonnes (ODPt). The analysis of the data by substance and by sector showed that HCFC-22 is used almost entirely in the RAC sector and is the most predominant ODS in metric terms. However, in terms of ODS the use of HCFC-141b is significant, being 35% of the total baseline consumption. Egypt has committed to reduce its consumption by 25% by 2018. The 35% reduction on January 1, 2020 will take the consumption down to 251 ODPt.

The air conditioning manufacturing sub-sector accounts for about 35% of the HCFC-22 consumption. About 56% is used for servicing with RAC manufacturers accounting for the majority of this service consumption, while independent service companies account for just 3% of the HCFC-22 consumption.

The important consumption of HCFC-22 by local AC manufacturers, especially in the RAC sector, is the reason for adopting a project for testing locally built prototypes using low-GWP alternatives in Egypt. The program has been given the name EGYBRA (*Promotion of Low-GWP Refrigerants for the Air-Conditioning Industry in Egypt*)

1.2. Project Objectives

The aim of the program is to individually test especially made prototype split units and central units, to operate with alternative refrigerants and compare their performance against baseline units. Those baseline units are with either HCFC-22 or R-410A refrigerants.

The project objectives were decided upon in agreement with the local stakeholders and can be summarized as follows:

- Orient the Egyptian air conditioning manufacturers to the new medium and low-GWP refrigerants including those with low and high flammability;
- Support technical and policy decisions regarding long-term HCFC alternatives for the air-conditioning industry as part of the of Egypt’s HPMP;
- Streamline the HCFC phase-out program with the Energy Efficiency work in Egypt;
- Promote the introduction of relevant standards/codes that ease the adoption of alternatives needing special safety or handling considerations;
- Exchange the experience with other relevant initiatives and programs which aim at addressing long term alternatives;
- Assess the capacity building and training needs for deploying low-GWP alternatives for different groups dealing or handling refrigerants in Egypt.

The outcomes from the above objectives are not presented in this report which only presents the results of the tests that were carried out for the various prototypes

1.3. Selection of Alternative Refrigerants

The selection of the alternative refrigerants was based on the following aspects which are derived from decision XXIII/9 of the Meeting of Parties (MOP):

- I. Commercially available;
- II. Technically proven;
- III. Environmentally sound;
- IV. Economically viable and cost effective;
- V. Safety consideration;
- VI. Easy to service and maintain.

EGYPRA took into consideration the refrigerants that were tested by PRAHA and added new alternatives that were still at an early stage of development when PRAHA was launched in 2012 even though they were still not commercially available at the time the prototype building and testing was done. The refrigerants were selected to replace either HCFC-22 or R-410A as shown in the two tables below, in line with the other testing projects on alternative refrigerants. It is worth noting that EGYBRA is a larger testing program than PRAHA, since it tested 19 specially made split unit prototypes and 16 baseline units, a total 35 units. It also witness-tested all units at the manufacturers’ labs. In all 140 tests were made including baseline refrigerants and eight low GWP refrigerants.

Table 1 List of HCFC-22 alternative refrigerants

| Refrigerant | ASHRAE classification | GWP (100 years) – RTOC |
|------------------------------|-----------------------|------------------------|
| HC-290 | A3 | 5 |
| R-444B Honeywell L-20A | A2L | 310 |
| R-454C Chemours Opteon XL-20 | A2L | 295 |
| R-457A Arkema ARM-20a | A2L | 251 |

Table 2 List of R-410A alternative refrigerants

| Refrigerant | ASHRAE classification | GWP (100 years) – RTOC |
|------------------------------|-----------------------|------------------------|
| HFC-32 | A2L | 704 |
| R-447A Honeywell L-41-2 | A2L | 600 |
| R-454B Chemours Opteon XL-41 | A2L | 510 |
| R-459A Arkema ARM-71a | A2L | 466 |

While not all the selected refrigerants are not commercially available or cost effective at present, they have all received “R” numbers as per ASHRAE standard 34.

1.4. Selection of Capacity Categories

The selection of prototypes to build took into consideration that the majority of the units produced in Egypt are of the mini-split type with capacities of 12,000 Btuh, 18,000 Btuh, and 24,000 Btuh (equivalent to 1, 1.5, and 2 refrigeration tons). Some of the units are still manufactured with HCFC-22 and some with HFC refrigerants which prompted building prototypes for alternatives to HCFC-22 as well as R-410A. .

Manufacturers also build what is termed as Central or Packaged units. Several manufacturers produce these units in the 10 Tons (120,000 Btuh or 35 kW) capacity but also in larger capacities of 20 and 25 tons. A 10 Ton Central unit was added to the categories to be tested. Only HCFC-22 alternatives were used for this category. The Central category does not include a prototype with HC-290 because of the relatively high amount of charge needed. The stakeholders preferred to wait for the result of further risk assessment work being done in the region.

One of the technology stakeholders (Danfoss) suggested building at least one prototype with condenser micro-channel heat exchangers (HX). Micro-channel HX technology is proven for conventional refrigerants and uses less refrigerant charge. One of the OEMs took up the challenge to build an extra Central unit with micro-channel HX.

Table 3 below shows the matrix of the prototypes that were agreed upon. Green highlighted areas are for units built, while red denotes the unused portion of the central units as mentioned above.

Table 3 Matrix of prototypes showing refrigerants selected for each equipment category

| | Replacement for | Split system (mini-split) | | | Central 120,000 Btuh | |
|--------------------------|-----------------|---------------------------|-------------|-------------|----------------------|---------------|
| | | 12,000 Btuh | 18,000 Btuh | 24,000 Btuh | Std. coil | micro channel |
| HC-290 | HCFC-22 | | | | | |
| HFC-32 | R-410A | | | | | |
| R-457C (Arkema ARM-20a) | HCFC-22 | | | | | |
| R-459A (Arkema ARM -71a) | R-410A | | | | | |
| R-454C (Chemours DR-3) | HCFC-22 | | | | | |
| R-454B (Chemours DR-5A) | R-410A | | | | | |
| R-444B (Honeywell L-20) | HCFC-22 | | | | | |
| R-447A (Honeywell L-41) | R-410A | | | | | |
| HCFC-22 base | | | | | | |
| R-410A | | | | | | |

OEMs were asked to supply from their standard manufacturing line units with baseline refrigerants equivalent in capacity to each prototypes in order to compare units built by the same OEM.

The test results of the central units are not covered in this report.

1.5. Stakeholders:

The project stakeholders:

The Ministry of Environmental Affairs. The following entities at the ministry provided overall supervision and monitoring of the project:

- **The Egyptian Environmental Affairs Agency (EEAA):** The Chief Executive Director of EEAA has direct responsibility for the supervision of the activities of the National Ozone Unit.
- **The National Ozone Unit (NOU):** The NOU as an integral part of the Ministry for Environmental Affairs may draw on the legal and technical expertise and resources of the Ministry to undertake its responsibilities. It cooperates with other relevant divisions and field offices of the Ministry and EEAA for carrying out its activities.

The Manufacturers (OEMs): Local manufacturers cooperated with Technology Providers to build and test agreed upon prototypes. Eight OEMs participated in the project, listed in alphabetical order:

- **DCM: (Delta Construction Manufacturing):** a manufacturer of central air conditioning equipment;
- **EGAT (Egyptian German Air Treatment Company):** a manufacturer of ducted split and central air conditioners along with airside equipment for commercial and industrial air conditioning;
- **Elaraby Company for Air Conditioning:** a manufacturer of air conditioners and home appliances, Elaraby partners with Sharp on technology for air conditioning equipment;
- **FRESH Electric for Home Appliances:** a manufacturer of air conditioners and home appliances;
- **Miraco Carrier:** a manufacturer of residential and commercial air conditioning equipment. Miraco also partners with Midea;
- **Power Egypt:** a manufacturer of small and central commercial & residential air conditioning equipment;
- **Unionaire:** a manufacturer of air conditioners and home appliances;
- **Volta Egypt:** a manufacturer of central air conditioning equipment.

Note on Confidentiality: To ensure the confidentiality of results, OEMs were given random designations from A to H and the results were reported under this designation.

The Technology Providers: Provide sample raw materials (refrigerants, compressors, and micro-channel coils) in addition to technical support when needed;

- **Chemours (ex-DuPont):** Provided refrigerants R-454C and R-454B;
- **Daikin:** Provided refrigerant HFC-32;
- **Danfoss:** provided micro-channel HX condenser coils for one central unit;
- **Emerson:** provided compressors for some split systems and all central units;
- **GMCC:** Provided compressors for some of the split systems;
- **Hitachi Highly:** provided compressors for some of the split systems;
- **Honeywell:** provided refrigerants R-444B and R-447A.

1.6. Methodology

The local manufacturers volunteered to build a certain number of prototypes each and provided standard units from their production line running on the baseline refrigerants against which the particular prototypes were compared. Baseline units are with either HCFC-22 or R-410A refrigerants.

The assignment of categories and refrigerants to each of the OEMs was based on a questionnaire in which they listed their preferences and their capabilities to take on the work. The questionnaire can be found in Annex 2. Coordination meetings were held with the OEMs in which some of the technology providers were also present. These meetings and the subsequent contacts with the OEMs facilitated the logistics of shipping both the compressors and the refrigerants to the different OEMs

The prototypes were built with the following constraints:

- Using dedicated compressors provided by the project for each type of alternative refrigerant;
- Using the same unit overall dimensions as the base unit, i.e. the heat exchangers could not be oversized in order to compare with the baseline unit. The overall dimensions of the unit were hence kept the same;
- Prototypes needed to meet the MEPS as set out by the Egyptian Organization for Standards EOS 3795:2013 equivalent to ISO 5151 at T_1 conditions as a minimum.
- OEMs provided throttling devices (capillary, flow controls...) according to guidance from refrigerant manufacturers for optimization.

EOS 3795:2013 stipulates for split units less than 65,000 Btuh capacity an EER of 9.5 equivalent to a COP of 2.78 W/W at T_1 conditions.

The OEMs optimized the prototypes by changing the refrigerant charge and the expansion devices. No special coil designs were made for this project except for the micro-channel HX coils used on the central unit. The constraint of keeping the same coils has an effect on the optimization of the prototype; however, since the purpose of the tests is to compare to a baseline unit using HCFC-22 or R-410A refrigerants, this constraint was accepted by the stakeholders.

The Table below shows the number and type of prototype built by each of the OEMs

Table 4 Prototypes and type of refrigerant built by the different OEMs

| Category | 12 000 Btuh | | 18 000 Btuh | | 24 000 Btuh | |
|----------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| | HCFC-22 Alternatives | R-410 A Alternatives | HCFC-22 Alternatives | R-410 A Alternatives | HCFC-22 Alternatives | R-410 A Alternatives |
| A | R-444B | R-447A | R-290 | HFC-32 and R-454B | - | - |
| B | R-454C | HFC-32 | R-457A | - | R-444B | - |
| C | R-290 and R-457C | - | R-457A | R-459A | - | HFC-32 and R-454B |
| D | - | - | R-444B | - | R-457C | - |
| E | R-454C | R-454B | - | - | - | - |

1.7. Testing Parameters and Facilities

EGYPRA testing protocol followed the following testing conditions:

Table 5 Testing conditions for outdoor and indoor dry and wet bulb temperatures

| | T ₁ | T ₃ | T _{High} | T _{Extreme} |
|------------------|----------------|----------------|-------------------|----------------------|
| Outdoor °C db/wb | 35/24 | 46/24 | 50/24 | 55/24 |
| Indoor °C db/wb | 27/19 | 29/19 | 32/23 | 32/23 |

The indoor conditions at T_{High} and T_{Extreme} are not the same as those at T₃ conditions, they were chosen in agreement with the OEMs and are in conformity with ISO 5151 which is followed in Egypt. These indoor conditions are also not the same as in the other testing projects shown in Annex 4. Since the objective of EGYPR is to compare the performance of AC units with medium and low-GWP alternative refrigerants against units with baseline refrigerants, this comparison remains true as long as the conditions of testing are consistent.

EGYPRA testing facilities: The project managers wanted to use one independent testing lab for testing all units in order to provide a continuity and similitude of testing. The government's accredited lab was contacted for that purpose; however, the lab did not have the capability of testing flammable refrigerants. Efforts at upgrading the lab capabilities could not be finished in time for the project timeline and the project adapted the strategy of witness testing at the manufacturers' testing facilities. The Technical Consultant witnessed all the tests and verified the results. A brief description of the OEM testing facilities can be found in Annex 3.

Testing Methodology:

Testing of the units followed the Egyptian standard EOS 4814, non-ducted AC & HP testing and rating performance. The standard is derived from ISO-5151 and is followed by all manufacturers. The standard stipulates that,

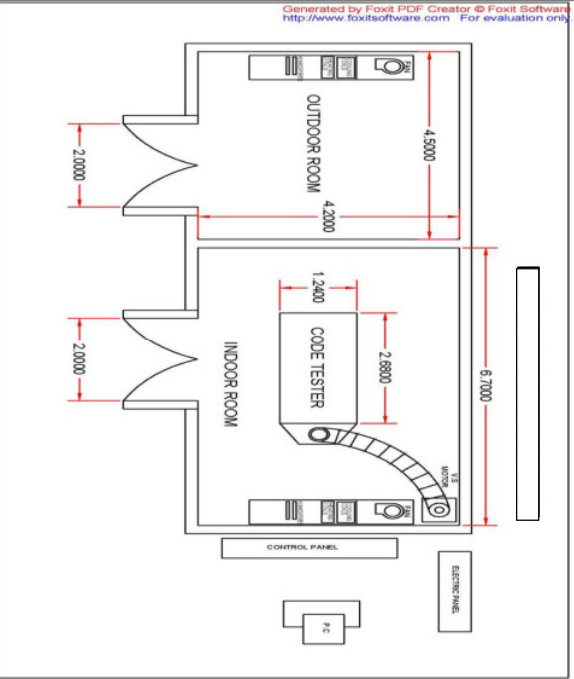
"4.1.1.2.5 Machines manufactured for use in more than one of the climatic conditions as T₃, T₂ and T₁ shall be rated and recorded at each of the conditions for which the unit was designed."

The Egyptian standards do not stipulate testing at temperatures higher than T₃. The T_{High} and T_{Extreme} conditions were derived from ISO 5151 with the agreement of the OEMs.

The tests were witnessed by the Technical Consultant. Re-testing the units was permitted when the results were inconsistent or did not meet the minimum EER stipulated in EOS 3795. The Technical Consultant advised the OEMs on possible remedies and helped them in the determination of the charge and the expansion device setting to achieve better results.

Testing procedure

Table below describes the testing procedure applied by all OEMs

| No. | Item | Description |
|-----|--|---|
| 1 | <p>Testing lab infrastructure:</p> <ul style="list-style-type: none"> Testing chamber description <p>Note: (Typical testing laboratory's testing chambers schematic diagram shown. Dimensions and arrangement of equipment are for indicative purposes only.)</p> <ul style="list-style-type: none"> Parameters measured & instrumentation used |  <ol style="list-style-type: none"> I. Laboratory is used for measuring capacities less than 1, 1, 1.5, 2 TR. Laboratory of the psychrometric type where the air conditioner cooling capacity, heating capacity and unit efficiency (EER, COP) can be measured accurately. II. Other parameters such as unit working pressure, superheat, subcooling and state point's temperature of the refrigeration cycle could also be measured. III. Laboratory consists of two thermally insulated chambers (indoor and outdoor chambers). Both chamber's temperature and humidity can be controlled precisely to achieve the required state point (as per standards) using AC units, humidifiers and electric heater. IV. The accuracy of temperature control for dry and wet bulb temperatures to be 0.01 °C or better. V. The indoor room to have a thermal insulated code tester to collect all outlet air from the air conditioner, measuring its dry bulb and wet bulb temperatures and air volume <ul style="list-style-type: none"> All temperature sensors for inlet and leaving air in indoor room as well as outdoor room air temperatures are to be measured. Surface temperatures to be measured by sensors - accuracy 0.1 °C or better-for both indoor and outdoor chambers. A minimum of 15 measuring points to be used for each room at various locations on the air conditioner. All data gathered during an experiment to be read by a computer through a specialized program with multi channels data acquisition to get the required data in a live format fashion. Factory supplied control panel located outside the chambers space to have all necessary control switches to |

| | | |
|---|---|--|
| | | operate the laboratory and set the required conditions with power meters for single phase and 3 phase and all electrical data for tested units. Data to be measured and transferred to computer system. |
| 2 | Standards to be used: | All tests for cooling and heating performance to be performed according to the following standards: <ul style="list-style-type: none"> • EOS 4814 non-ducted AC & HP testing and rating performance • ASHRAE testing standards • ISO 5151 for non-ducted air conditioners • ISO 13253 for ducted type split • EOS 3795-1/2016 • EOS 3795-2/2017 |
| 3 | Description of the testing procedures: <ul style="list-style-type: none"> • Description of testing method • Method of selection of capillary tube and choosing refrigerant charge • Achieving steady state for outdoor and indoor conditions (description, time needed...) | <ul style="list-style-type: none"> • Psychometric testing method is used as per ISO 5151-2017 annex C, G. Air flow rates are to be measured through nozzles for both entering and leaving dry and wet bulb temperatures. • Optimum selection of capillary size, length, number and refrigerant charge to achieve good matching and improved performance for the unit according to the following: <ol style="list-style-type: none"> i) Select from preliminary capillary chart size, number and length of the required capillary to match the specified load. ii) Accumulated experience plays an important role in determining the preliminary refrigerant charge. iii) Testing the unit based on previous selections give an indication for system optimization including increasing or decreasing the charge and/or the size of the capillary. iv) System pressure, superheat, subcooling, power consumption, cooling capacity and refrigerant temperature at various points of the cycle give a strong indication on how the matching is proceeding. • 2 hours' time are needed as a minimum to achieve the steady state condition for testing cooling capacity of the unit as well as EER or COP. |
| 4 | Calculating EER and capacity: <ul style="list-style-type: none"> • How the EER is calculated measurements used and formula • How the capacity was calculated measurements used and formula | <p>EER= cooling capacity/ total power consumed by the system in Btuh/W or equivalent.</p> <p>As per ISO 5151 see equations in annex C</p> |
| 5 | The air psychometric process: <ul style="list-style-type: none"> • The cycle on psychometric chart • Explanation of state points at T_1, T_3, T_h and T_{ext} | <ul style="list-style-type: none"> • Test result to provide all required information to draw the cycle on Psychometric chart: <ul style="list-style-type: none"> ○ $E_{DB}, L_{DB}, E_{WB}, L_{DB}$ (E=Enthalpy) • Test result to provide all required data to draw and change, when needed, the cycle on the PH diagram: <ul style="list-style-type: none"> ○ High pressure. ○ Compressor discharge temp. ○ Subcooling amount in condenser. ○ Low pressure. ○ Compressor suction temperature. ○ Superheat amount in evaporator for all required tests T_1, T_3, T_h and T_{ext}. |

Chapter 2

2. Results

The results of the various tests were combined under two major headings: results of alternatives to HCFC-22 and results of alternatives to R-410A. The presentation or comparison of results across the two major headings does not lead to tangible conclusions while the separation of the discussion under the two baseline refrigerants leads to a better understanding of the information.

The casual reading of the results may establish confusion, even among specialists, in relation to the increase in capacity at T_{High} compared to T_3 . This result is not witnessed in other similar research projects; however, by understanding the impact of changing the dry bulb and wet bulb indoor testing conditions i.e. T_{High} (outdoor 50/24 °C, indoor 32/24 °C) compared to T_3 (outdoor 46/24 °C, indoor 29/19 °C), the results can be justified using the modeling approach explained below. The additional exercise to review and validate all results is the reason for the unplanned delay in concluding the project report.

Modeling Using ORNL Heat Pump Design Model

Since the measurements provided by the labs were somehow limited, it was difficult to explain the hypothesis for the increase in performance under T_{High} conditions. As such, a full-scale modeling using the ORNL Flexible Heat Pump Model was performed on a sample packaged air conditioning system and the indoor and outdoor conditions were changed according to the EGYRA conditions: T_1 , T_3 , T_{Hot} , and T_{High} . Table 5 above provides a summary of the indoor and ambient conditions for the four simulations along with the capacity ratio (capacity/capacity at T_1), compressor mass flow rate, compressor power, sensible heat ratio (SHR), and evaporator overall area integral heat transfer for the vapor (UA_vap) and the 2 phase (UA_2-ph) portions respectively.

The T_{Hot} condition was selected to simulate the same ambient conditions as that tested by the OEMs but with the same indoor conditions as T_1 and T_3 . The results for this simulation follows the simple intuition that as the ambient temperature increases, the performance degrades at a rough order of magnitude of 1% point per 1°C of outdoor temperature increase. However, when examining the performance of the T_{High} condition; we notice a sudden increase in capacity – coupled with an increase in refrigerant mass flow rate, and reduction in SHR. The simulation results show that for T_1 , T_3 and T_{Hot} conditions, the suction saturation temperature change was less than 1°C, while when the indoor conditions were changed to the T_{High} condition, the suction saturation temperature changed by more than 4°C. This has an impact on the compression ratio, compressor suction density, and compressor performance (volumetric and isentropic efficiencies). Furthermore, the higher humidity associated with the T_{High} condition induces the evaporator coil to become wetter and as such results in higher airside performance and higher SHR.

Table 6: Conditions and relevant results for the rooftop unit simulated using the ORNL Flexible HPDM simulation tool

| Condition | EDB °C | EWB °C | Ambient °C | Capacity/Capacity at T1 % | Compressor mass flow rate g/s | Compressor Power W | SHR % | Evaporator vapor UA W/K | Evaporator 2-ph UA W/K |
|-------------------------|-----------|-----------|---------------|------------------------------|----------------------------------|-----------------------|----------|----------------------------|---------------------------|
| T1 | 29 | 19 | 35 | 100% | 379.8 | 14,074.9 | 88% | 5.6 | 265.7 |
| T3 | 29 | 19 | 46 | 89% | 383.7 | 16,952.9 | 93% | 6.7 | 265.1 |
| T_{Hot} | 29 | 19 | 50 | 86% | 384.6 | 18,077.2 | 95% | 6.7 | 265.2 |
| T_{High} | 32 | 23 | 50 | 94% | 433.9 | 18,693.8 | 78% | 9.4 | 261.3 |

Hypothesis summary

When the indoor dry bulb and wet bulb temperatures are increased from the T_3 conditions to the T_{High} conditions; the sensible heat ratio of the AC system is reduced, and a large portion of the evaporator is wetted by the condensate. This results in heat transfer enhancement due to reduced free flow area and increased surface velocity and the concurrence of heat and mass transfer at the tubes and fin surfaces. From further analysis provided by the detailed study from OEM C; the evaporator log mean temperature difference is also increased due to the increased air inlet temperature. Hence on the air side, both the increase in overall heat transfer coefficient along with the increased evaporator LMTD and increased latent capacity contribute directly to the increased heat capacity between T_3 and T_3 with elevated indoor conditions (subsequently also the increased capacity at the T_{High} conditions).

At the refrigerant side, when the indoor conditions are changed from the T_3 to the T_{High} conditions – the compressor pressure ratio is reduced while the compressor inlet density is increased. The refrigerant flow rate also increases which further justifies the increased cooling capacity from the refrigerant side analysis.

2.1 Presentation and Analysis of Results

The analysis of the results is presented in table form. The complete results and comparative bar charts are found in Annex 1.

The Results for capacity in Btuh and energy efficiency in EER (energy efficiency ratio in MBH output/ kW input) are given for the four testing temperatures. The tables show the test results and the percentage increase or decrease in capacity and EER compared to the baseline unit. As a reminder, each OEM was asked to test a baseline unit from their own standard production for each prototype built in order to compare with the results.

The analysis uses shades of color to denote the comparison level to the baseline unit as follows:

| | |
|------------|--|
| No shading | Performance is same as base unit – for capacity and EER |
| Green | Increase in EER or cooling capacity over baseline unit |
| Yellow | Decrease in EER or cooling capacity by - 0.01 % to - 5 % |
| Orange | Decrease in EER or cooling capacity from -5 % to - 10 % |
| Red | Decrease in EER or cooling capacity over -10 % |

The results are then plotted on a scattered chart for the ratio of capacity of the prototype to that of the baseline unit vs. the EER ratio at the four testing temperatures. The baseline unit performance is denoted by the two red dotted lines at a ratio of one for both capacity and EER.

The analysis is presented for the alternatives of HCFC-22 and R-410A separately. Some results for inconclusive tests mentioned in the Annex were not used in the analysis.

2.1.1. Analysis of Capacity and EER Performance for HCFC-22 Alternatives

The tables in this section are for alternatives to HCFC-22 for the three categories of mini-split units: 12,000 Btuh, 18,000 Btuh, and 24,000 Btuh.

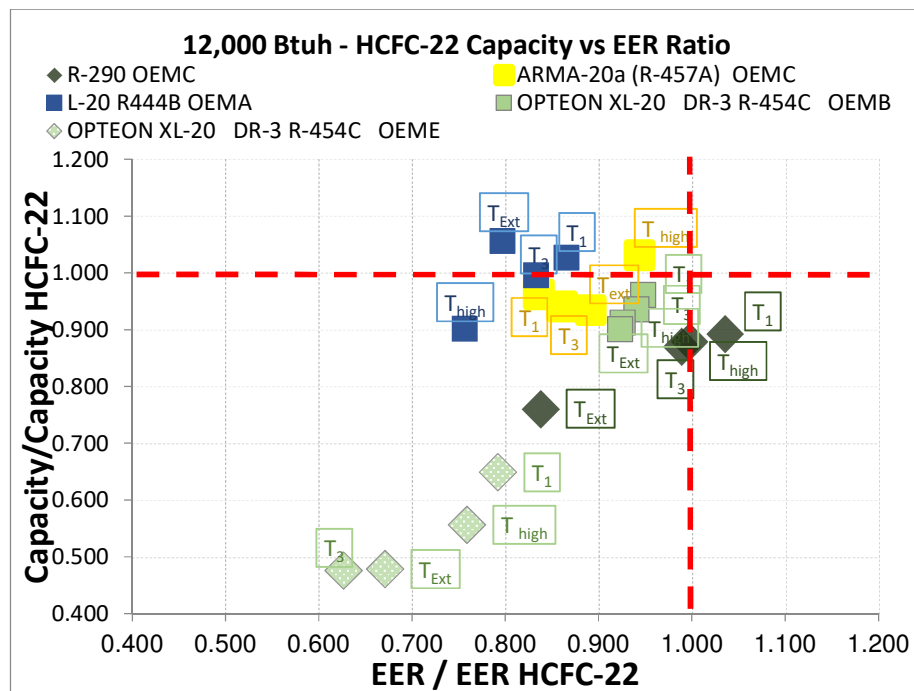
Results for the 12,000 Btuh category

Table 7 Comparison of HCFC-22 alternatives for 12,000 Btuh split units

| HCFC-22 12,000 Btuh | T ₁ | T ₃ | T _{High} | T _{Extreme} | T ₁ | T ₃ | T _{High} | T _{Extreme} |
|----------------------------|---------------------|--------------------|--------------------|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------|
| | Capacity in Btuh | | | | EER | | | |
| Base Units | | | | | | | | |
| R-22(OEM C) | 11,452 | 9,960 | 10,560 | 10,181 | 10.0 | 7.25 | 6.98 | 6.23 |
| R-22(OEM B) | 11,410 | 9,988 | 10,900 | 10,035 | 8.41 | 6.38 | 6.33 | 5.47 |
| R-22(OEM A) | 11,479 | 9,699 | 11,353 | 8,407 | 9.74 | 6.88 | 7.31 | 5.61 |
| Prototypes | | | | | | | | |
| HC-290 (OEMC) | 10,219 (-10.77%) | 8,677 (-12.88%) | 9,289 (-12.04%) | 7,747 (-23.91%) | 10.36 (+3.53%) | 7.17 (-1.1%) | 6.96 (-0.23%) | 5.22 (-16.2%) |
| R-457A (OEM C) | 11,023 (-3.75%) | 9,376 (-5.86%) | 10,892 (+3.14%) | 9,517 (-6.52%) | 8.36 (-16.44%) | 6.24 (-13.93%) | 6.58 (-5.63%) | 5.56 (-10.83%) |
| R-454 C (OEM B) | 10,968 (-3.87%) | 9,349 (-6.40%) | 9,946 (-8.75%) | 9,042 (-9.90%) | 7.97 (-5.23%) | 6.00 (-5.96%) | 5.86 (-7.42%) | 5.05 (-7.68%) |
| R-444 B (OEM A) | 11,790 (+2.71%) | 9,661 (-0.39%) | 10,241 (-9.79%) | 8,881 (+5.64%) | 8.43 (-13.45%) | 5.73 (-16.72%) | 5.53 (-24.35%) | 4.47 (-20.32%) |

The table shows that for HC-290, the capacity of the prototype at all four temperatures is less than that of HCFC-22 baseline, while the EER is higher at T₁ and within 1% at T₃ and T_{High}. The results for R-457A and R-454C show results for capacity up to 10% less than the baseline with R-457A showing a better capacity at T_{High} which is not the case for R-454C. For R-444B, capacity is better than the baseline at both T₁ and T_{Extreme} but 10% worse at T_{High} which cannot be explained. EER for R-444B is more than 10% worse than the baseline. Plotted on a scattered chart as follows

Figure 1 Capacity vs. EER ratio for HCFC-22 alternatives in 12,000 Btuh split units



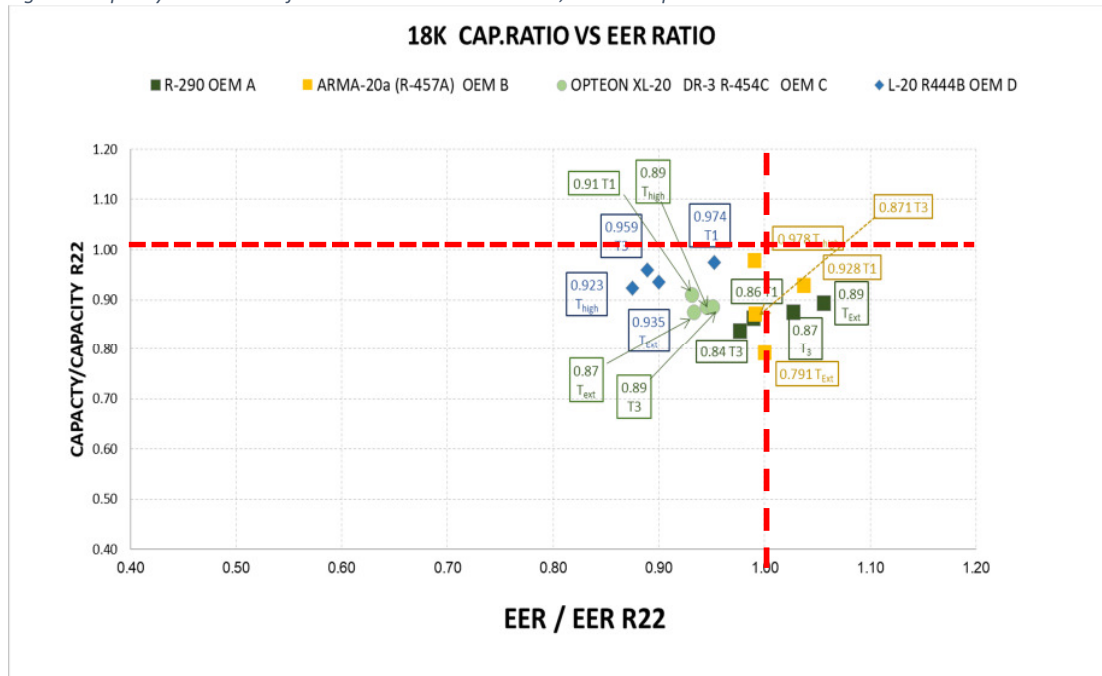
Results for 18,000 Btuh Splits

Table 8 Comparison of HCFC-22 alternatives for 18,000 Btuh split units

| 18,000 Btuh | T ₁ | T ₃ | T _{High} | T _{Extreme} | T ₁ | T ₃ | T _{High} | T _{Extreme} |
|-----------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------|
| Refrigerant | Capacity | | | | EER | | | |
| Baseline Units | | | | | | | | |
| HCFC-22 | | | | | | | | |
| OEM A | 18,659 | 16,799 | 17,543 | 15,046 | 9.41 | 7.20 | 6.98 | 5.55 |
| OEM B | 16,433 | 14,545 | 13,718 | 15,350 | 8.93 | 6.65 | 6.37 | 5.33 |
| OEM C | 18,160 | 16,182 | 17,632 | 16,292 | 10.00 | 7.37 | 7.37 | 6.45 |
| OEM D | 17,548 | 16,422 | 14,624 | 13,948 | 10.50 | 8.75 | 7.22 | 6.00 |
| Prototypes | | | | | | | | |
| R-290 (OEM A) | 16,111 (-13.66%) | 14,067 (-16.26%) | 15,343 (-12.54%) | 13,442 (-10.66%) | 9.31 (-1.06%) | 7.090 (-2.34%) | 7.170 (+2.72%) | 5.860 (+5.59%) |
| R-444 B (OEM D) | 17,098 (-2.56%) | 15,746 (-4.12%) | 13,498 (-7.70%) | 13,047 (-6.46%) | 10.00 (-4.76%) | 7.78 (-11.01%) | 6.32 (-12.47%) | 5.40 (-10.00%) |
| R-454 C (OEM C) | 16,510 (-9.09%) | 14,327 (-11.46%) | 15,619 (-11.42%) | 14,250 (-12.53%) | 9.31 (-6.88%) | 6.97 (-5.43%) | 7.01 (-4.88%) | 6.02 (-6.67%) |
| R-457 A (OEM B) | 15,257 (-7.16%) | 12,672 (-12.88%) | 13,418 (-2.19%) | 12,149 (-20.85%) | 9.26 (+3.70%) | 6.59 (-0.90%) | 6.31 (-0.94%) | 5.33 (0.00%) |

The results for HC-290 for capacity are consistent with the results of the 12,000 Btuh category, while the EER shows better results than the baseline at T_{High} and T_{Extreme}. The results for R-457C capacity compared to the 12,000 Btuh category show a further degradation compared to the baseline for the 18,000 Btuh category, while the EER results at the four temperatures are better than the 12,00 Btuh category. The same can be said about R-454C, while R-444B has comparable results with the 12,000 Btuh category with a variation with temperature. The results of this category show higher values for both capacity and EER for T_{High} results compared to T₃ in line with the discussion at the beginning of this chapter.

Figure 2 Capacity vs EER Ratio for HCFC-22 alternatives in 18,000 Btuh split units



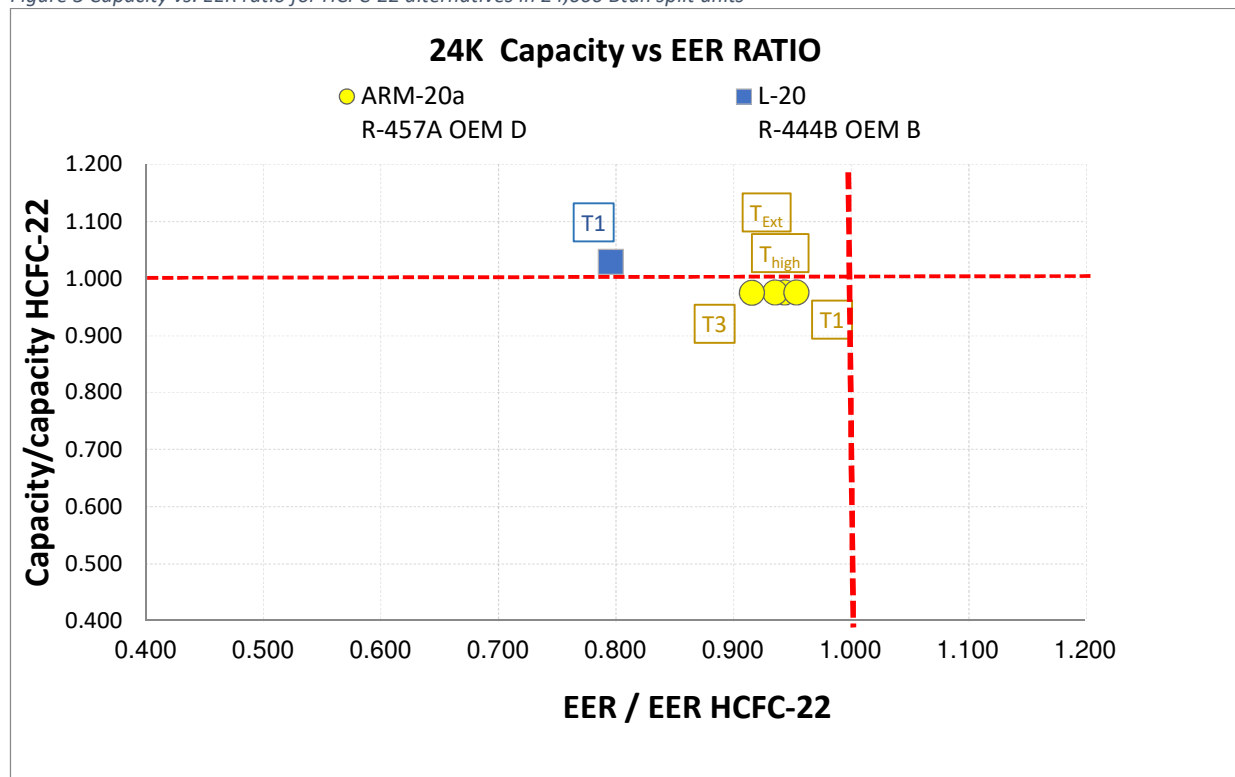
Results for 24,000 splits

Table 9 Comparison of HCFC-22 alternatives for 24,000 Btuh split units

| 24,000 Btuh | T ₁ | T ₃ | T _{High} | T _{Extreme} | T ₁ | T ₃ | T _{High} | T _{Extreme} |
|--------------------|--------------------|--------------------|--------------------|----------------------|-------------------|------------------|-------------------|----------------------|
| Refrigerant | Capacity | | | | EER | | | |
| Baseline | | | | | | | | |
| HCFC-22 | | | | | | | | |
| OEM B | 22,782 | N/A | N/A | N/A | 9.27 | N/A | N/A | N/A |
| OEM D | 22,318 | 21,202 | 20,144 | 19,148 | 9.30 | 7.32 | 6.10 | 5.73 |
| Prototypes | | | | | | | | |
| R-444 B (OEM B) | 23,436 (+2.87%) | N/A | N/A | N/A | 7.38 (-20.39%) | N/A | N/A | N/A |
| R-457 A (OEM D) | 21,758 (-2.51%) | 20,670 (-2.51%) | 19,636 (-2.52%) | 18,657 (-2.56%) | 8.78 (-5.59%) | 6.85 (-6.42%) | 5.82 (-4.59%) | 5.25 (-8.38%) |

Unfortunately, the data for R-444B at temperatures other than T₁ were not available. Data for R-457A as a percentage of the baseline by the same OEM show a better trend than for the other two categories; however, in absolute terms the EER of the baseline of the 24,000 Btuh category is lower than the other two categories which explains the higher percentage.

Figure 3 Capacity vs. EER ratio for HCFC-22 alternatives in 24,000 Btuh split units



Note that the results for the capacity for R-457A at the four temperatures are similar and hence the yellow circle label points seem almost concentric.

2.1.2. Analysis of Capacity and EER Performance for R-410A Alternatives

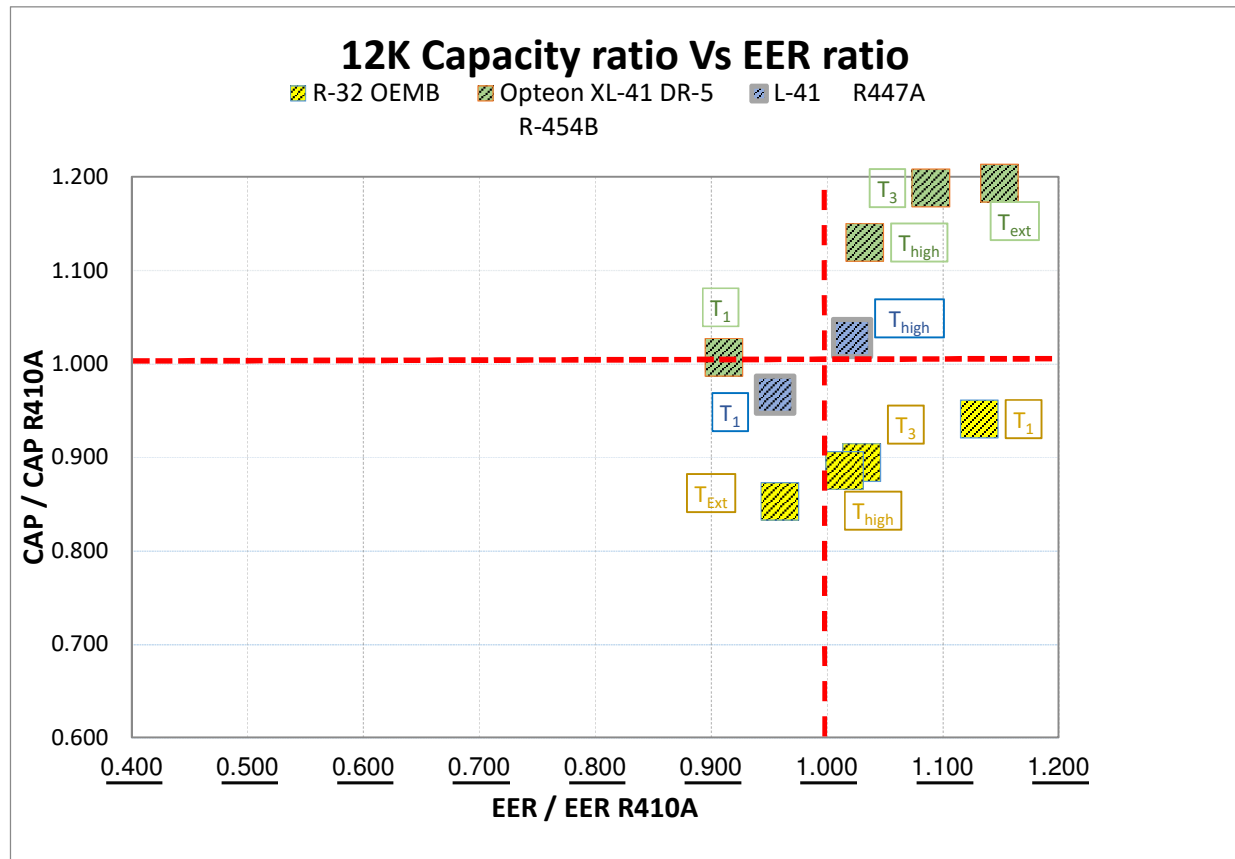
Results for 12,000 Btuh splits

Table 10 Comparison of R-410A alternatives for 12,000 Btuh split units

| 12,000 | T ₁ | T ₃ | T _{High} | T _{Extreme} | T ₁ | T ₃ | T _{High} | T _{Extreme} |
|-------------|----------------|----------------|-------------------|----------------------|----------------|----------------|-------------------|----------------------|
| Refrigerant | Capacity | | | | EER | | | |
| Baseline | | | | | | | | |
| R-410A | | | | | | | | |
| OEM A | 10,307 | N\A | 8,313 | N\A | 8.77 | N\A | 5.43 | N\A |
| OEM B | 12,068 | 10,343 | 11,089 | 9,968 | 10.17 | 7.31 | 7.15 | 5.93 |
| OEM E | 11,905 | 9,369 | 10,848 | 9,299 | 10.88 | 7.29 | 7.42 | 5.89 |
| Prototype | | | | | | | | |
| HFC-32 | 11355 | 9,249 | 9,822 | 8,499 | 11.51 | 7.53 | 7.26 | 5.69 |
| (OEM B) | (-5.91%) | (-10.58%) | (-11.43%) | (-14.74%) | (+13.18%) | (+3.01%) | (+1.54%) | (-4.05%) |
| R-454B | 11,987 | 11130 | 12,257 | 11,094 | 9.92 | 7.95 | 7.66 | 6.7 |
| (OEM E) | (+0.69%) | (+18.8%) | (+12.99%) | (+19.30%) | (-8.82%) | (+9.05%) | (+3.27%) | (+14.90%) |
| R-447A | 9963 | N\A | 8539 | N\A | 8.38 | N\A | 5.55 | N\A |
| (OEM A) | (-3.34%) | N\A | (+2.72%) | N\A | (-4.45%) | N\A | (+2.21%) | N\A |

The results for R-454B compared to the baseline is better except for the EER at T₁. Results for HFC-32 compared to the baseline show a higher performance for EER but lower for capacity.

Figure 4 Capacity vs EER ratio for R-410a alternatives in 12,000 Btuh split units



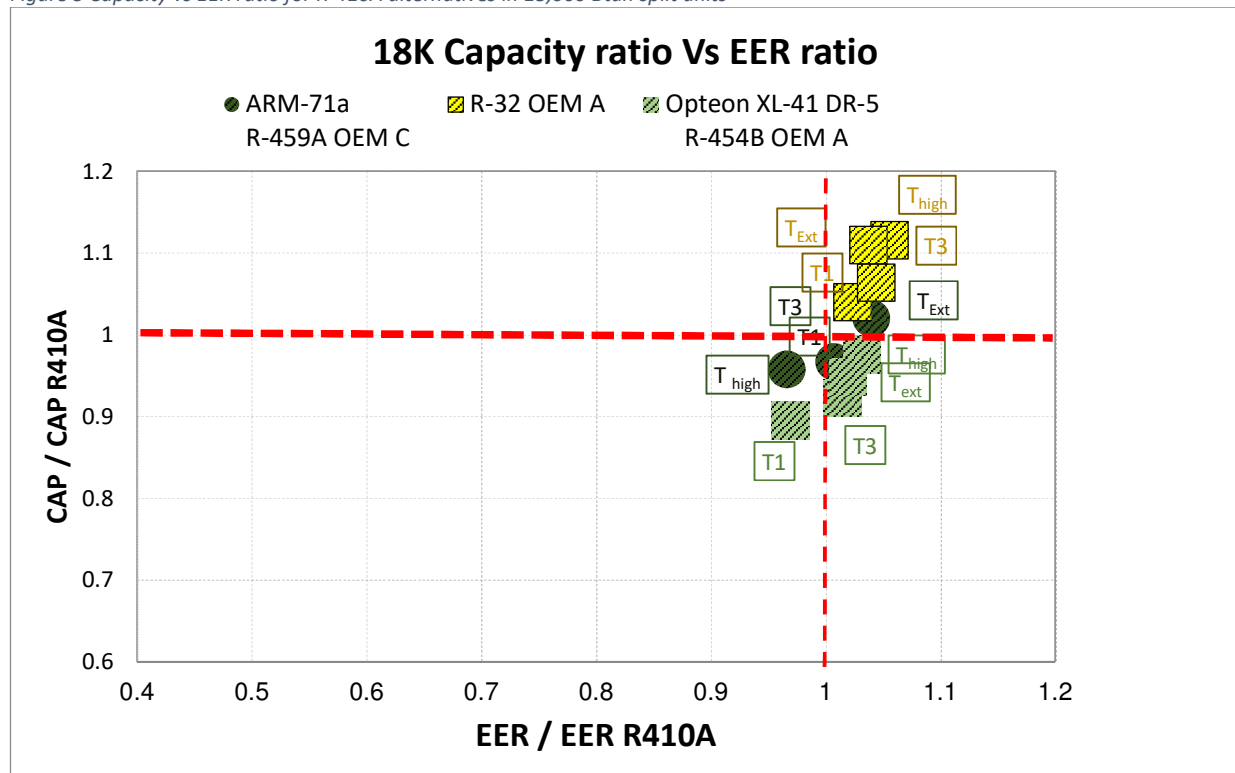
Results for 18,000 Btuh

Table 11 Comparison of R-410A alternatives for 18,000 Btuh split units

| 18,000 | T ₁ | T ₃ | T _{High} | T _{Extreme} | T ₁ | T ₃ | T _{High} | T _{Extreme} |
|-------------|----------------|----------------|-------------------|----------------------|----------------|----------------|-------------------|----------------------|
| Refrigerant | Capacity | | | | EER | | | |
| Baseline | | | | | | | | |
| R-410 A | | | | | | | | |
| OEM A | 16,938 | 14,337 | 14,123 | 12,441 | 9.8 | 6.8 | 6.3 | 5.1 |
| OEM C | 17,800 | 14,924 | 16,075 | 13,746 | 9.15 | 6.50 | 6.49 | 5.12 |
| Prototype | | | | | | | | |
| R-459A | 17,115 | 14,430 | 15,392 | 14,023 | 9.28 | 6.54 | 6.27 | 5.32 |
| (OEM C) | (-3.85%) | (-3.31%) | (-4.25%) | (+2.02%) | (+1.42%) | (+0.72%) | (-3.39%) | (+3.99%) |
| HFC-32 | 17616 | 15,255 | 15,761 | 13,809 | 10.03 | 7.10 | 6.65 | 5.29 |
| (OEM A) | (+4.00%) | (+6.40%) | (+11.60%) | (+11.00%) | (+2.35%) | (+4.41%) | (+5.56%) | (+3.73%) |
| R-454B | 15,167 | 13,229 | 13,782 | 11,800 | 9.5 | 6.90 | 6.50 | 5.20 |
| (OEM A) | (-10.46%) | (-7.73%) | (-2.41%) | (-5.15%) | (-3.06%) | (+1.47%) | (+3.17%) | (+1.96%) |

The results for R-454B show a similar trend of higher values against the baseline to the 12,000 Btuh category for EER but lower for capacity. Results for HFC-32 are higher than the baseline for both capacity and EER, which is different from the 12,000 Btuh category.

Figure 5 Capacity vs EER ratio for R-410A alternatives in 18,000 Btuh split units



The plot shows that most of the results are on the positive side when compared to the baseline units for EER with some results for capacity showing lower values.

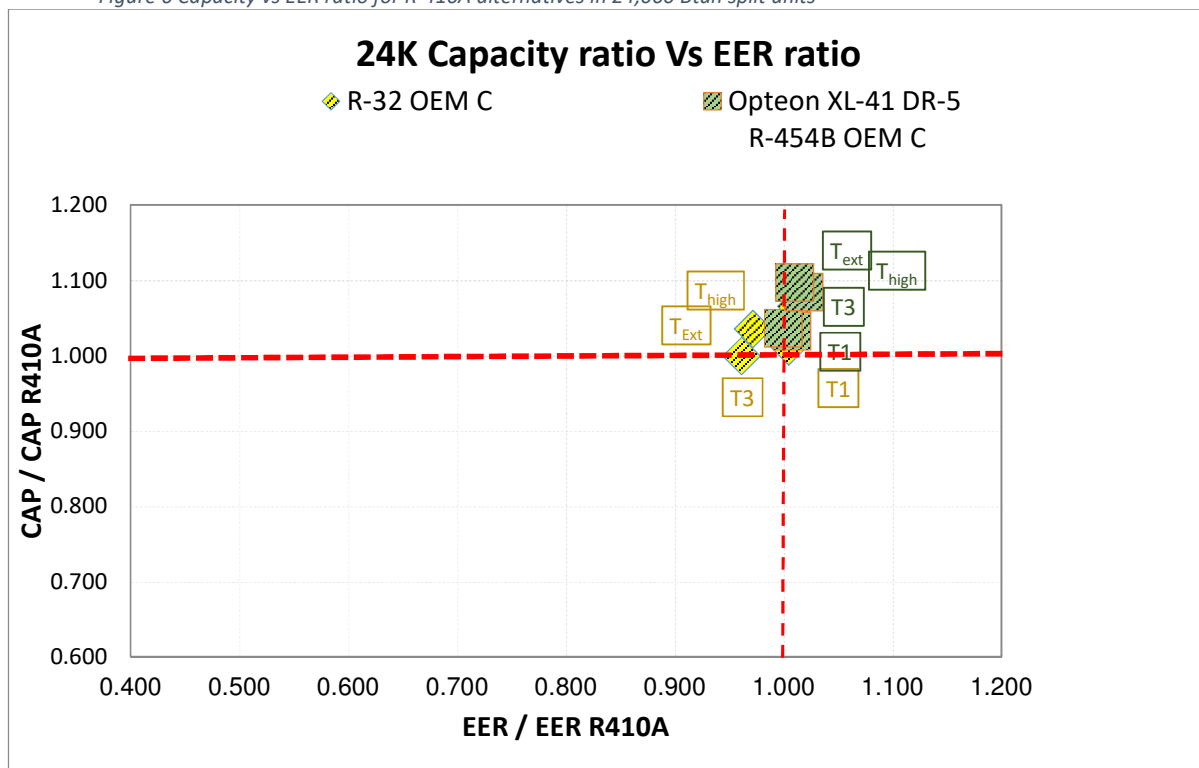
Results for 24,000 Btuh

Table 12 Comparison of R-410A alternatives for 24,000 Btuh split units

| 24,000 | T ₁ | T ₃ | T _{High} | T _{Extreme} | T ₁ | T ₃ | T _{High} | T _{Extreme} |
|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|----------------------|--------------------|-------------------|-------------------|----------------------|
| Refrigerant | Capacity | | | | EER | | | |
| Baseline | | | | | | | | |
| R- 410 A OEM C | 23022 | 19531 | 20534 | 18379 | 10.57 | 7.518 | 7.376 | 6.161 |
| Prototype | | | | | | | | |
| HFC-32 (OEM C) | 23310 (+1.25%) | 19522 (-0.05%) | 21876 (+6.54%) | 19035 (+3.57%) | 10.62 (-0.47%) | 7.228 (-3.86%) | 7.459 (+1.13%) | 5.988 (-2.81%) |
| R-454B (OEM C) | 23766 (+3.23%) | 20241 (+3.64%) | 22268 (+8.44%) | 20160 (+9.69%) | 10.653 (+0.79%) | 7.516 (-0.03%) | 7.515 (+1.88%) | 6.224 (+1.02%) |

Results are mostly positive for the two refrigerants tested at this category.

Figure 6 Capacity vs EER ratio for R-410A alternatives in 24,000 Btuh split units



Chapter 3

3. Analytical comparison & way forward

The purpose of the comparative analysis in this section is to determine the potential for improvement for the different alternative refrigerants at the different testing temperatures and for the three categories. Since we have three variables: refrigerants, testing temperatures, and category of equipment, the analysis fixed one of the variables and then calculated the percentage of incidence of cases where either the capacity or the EER are compared to the base unit falls in the five color categories defined earlier and repeated here for ease of reference.

| | |
|------------|--|
| No shading | Performance is same as base unit |
| Green | Increase in performance or cooling capacity over base unit |
| Yellow | Decrease in performance or cooling capacity by - 0.01 % to - 5 % |
| Orange | Decrease in performance or cooling capacity from -5 % to - 10 % |
| Red | Decrease in performance or cooling capacity over -10 % |

As an example, consider the 12,000 Btuh category for all refrigerants and at all testing temperatures for the capacity comparison. We come up with the following table:

Table 13 Example of calculation of the comparative pie charts

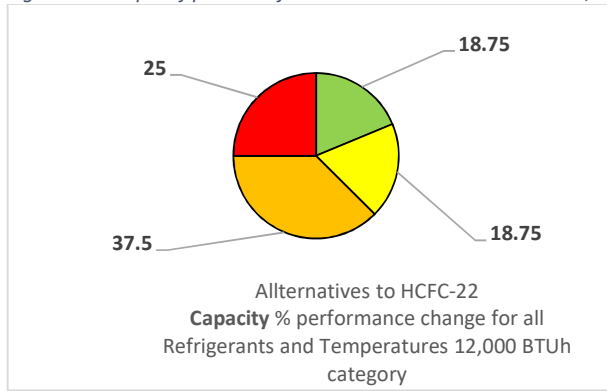
| 12,000 Btuh category Refrigerant | Capacity | | | | |
|---|--------------------|-------------------|-------------------|----------------------|------------|
| | T ₁ | T ₃ | T _{High} | T _{Extreme} | |
| R-290 (OEM C) | 10219 (-10.77%) | 8677 (-12.88%) | 9289 (-12.04%) | 7747 (-23.91%) | |
| R-457 A (OEM C) | 11023 (-3.75%) | 9376 (-5.86%) | 10892 (+3.14%) | 9517 (-6.52%) | |
| R-454 C (OEM B) | 10968 (-3.87%) | 9349 (-6.40%) | 9946 (-8.75%) | 9042 (-9.90%) | |
| R-444 B (OEM A) | 11790 (+2.71%) | 9661 (-0.39%) | 10241 (-9.79%) | 8881 (+5.64%) | |
| Calculation of incidence percentage | | | | | |
| | Green | Yellow | Orange | Red | No shading |
| Incidence: number of entries per color | 3 | 3 | 6 | 4 | 0 |
| Percentage of the 16 entries | 18.75% | 18.75% | 37.5% | 25% | 0% |

And the respective pie chart will look as in Figure 7 with the percentage of each incidence marked on the respective color. The pie chart is telling us that when we consider all the HCFC-22 refrigerant alternatives at all testing temperatures for the 12,000 category, there is

- 18.75% certainty that the result is better than the base,
- 18.75% that the result is up to 5% less compared to the base,
- 37.5% that the result between 5 and 10% less, and
- 25% that the results is over 10% less than the base.

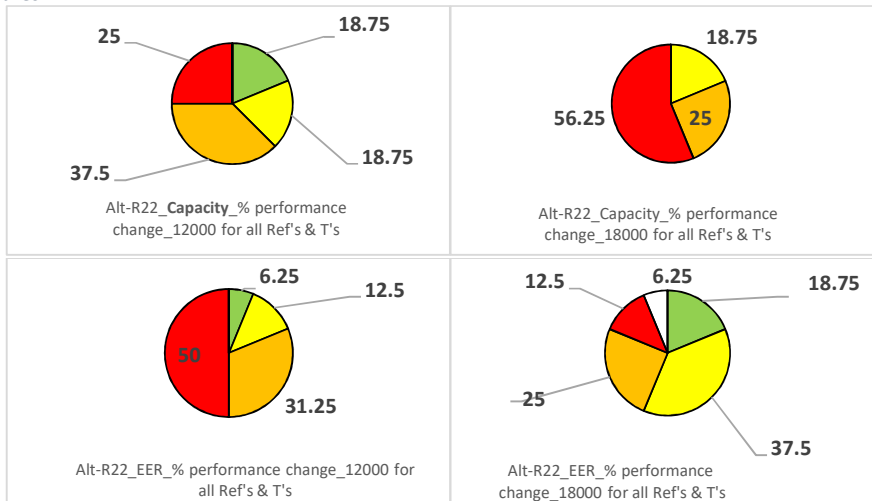
Similar comparative analysis will be made for the different cases for HCFC-22 alternatives and R-410A alternatives. The analysis clarifies the way forward and recommendations can be made for all the cases.

Figure 7 Example of pie chart for HCFC-22 alternatives in the 12,000 Btuh category



3.1. Capacity and EER behaviour of HCFC-22 Alternatives for each category across all refrigerants and testing temperatures

Figure 8 capacity and EER Performance of HCFC-22 alternatives for each category across all refrigerants and all testing temperatures



This analysis shows the following key observations:

For 12,000 Capacity:

- There is, certainly, potential to improve the capacity across 75% of refrigerants and at different testing temperatures
- On the EER side, the potential improvement drops down to 50%

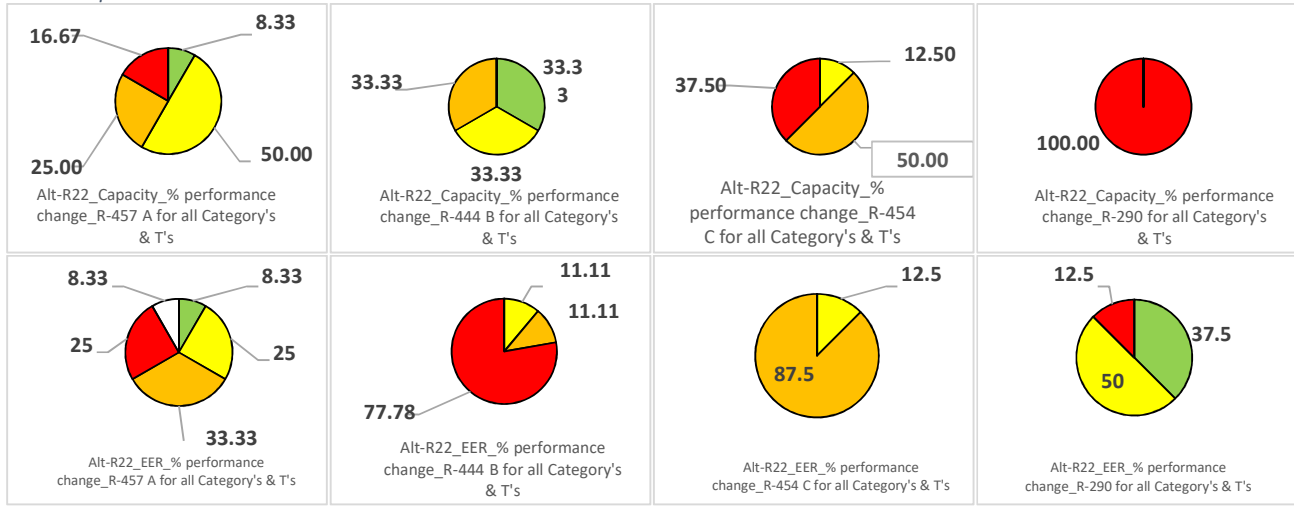
For 18,000 Capacity:

- There is less potentiality to improve capacity across all refrigerants and at different testing temperatures compared to the 12,000 category.
- However, opportunities to improve EER is much higher reaching over 85% across all refrigerants and at different testing temperatures

The 24,000 prototypes results were disregarded, since only one OEM tested one refrigerant across all test temperatures conditions. The other OEM tested another refrigerant at only one testing temperature condition. Therefore, a comparison of the results would be misleading.

3.2. Capacity and EER behaviour of HCFC-22 Alternatives for each refrigerant across all categories and testing temperatures

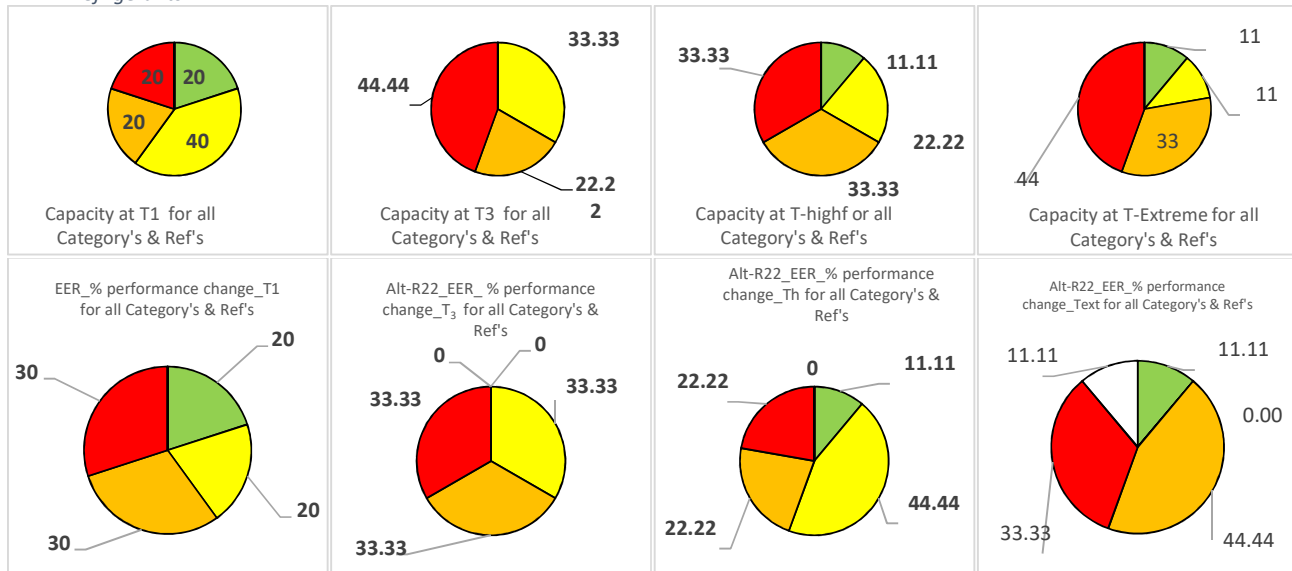
Figure 9 capacity and EER performance for HCFC-22 alternatives for each refrigerant across all categories and all testing temperatures



- Several alternatives to R-22 shows 60%, or above, chance for Capacity matching or improvement across all categories and at different testing temperatures.
- Most alternatives to R-22 shows 50%, or above, chance for EER improvement across all categories and at different testing temperatures.

3.3. Capacity and EER behaviour of HCFC-22 Alternatives for each testing temperature across all categories and refrigerants

Figure 10 Capacity and EER performance of HCFC-22 alternatives for each testing temperature across all categories and all refrigerants

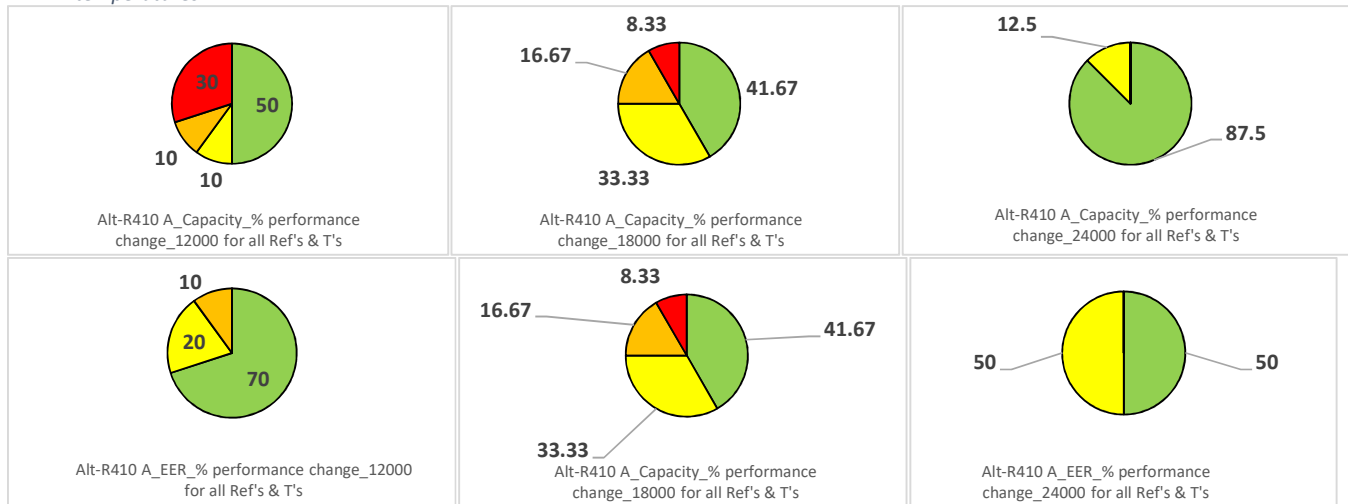


- As expected, moving from T1 to T3 testing temperatures, both capacity and EER deteriorate, at different levels, across all categories and refrigerants
- At T_{High}, the increased indoor wet bulb testing condition, as per EOS & ISO-5151, leads to better results for EER and capacity compared to T3

- Since T_{Extreme} testing condition is similar to T_{High} , with regard to indoor wet bulb testing condition, both EER and capacity re-deteriorate.
- In general, there are candidates with potential improvement, more than 50%, across all categories at all high temperature testing conditions i.e. T_3 , T_{high} & T_{extreme} .

3.4. Capacity and EER behaviour of R-410A Alternatives for each category across all refrigerants and testing temperatures

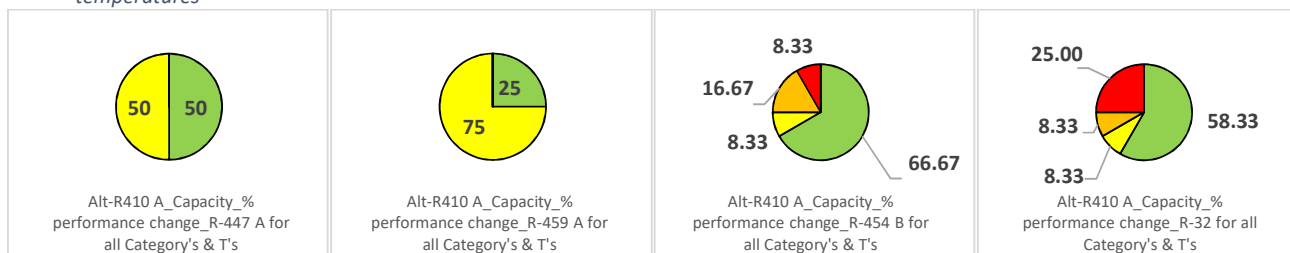
Figure 11 capacity and EER performance of R-410A alternatives for each category across all refrigerants and all testing temperatures

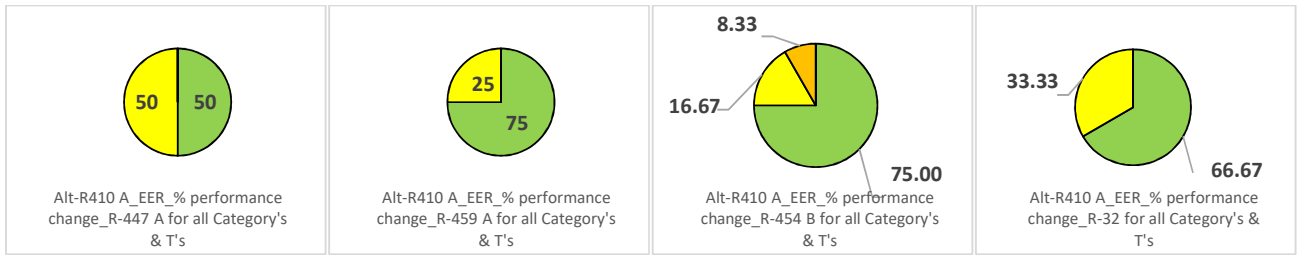


- Increase in capacity as category size increases, across all refrigerants and all testing temperature conditions.
- Capacity increases are from 50 % to 87.5 %.
- However, EER decreased as category size increases.
- EER improvement decreases from 70 % to 50 %.
- 18,000 showed capacity readings for all ranges similar to EER readings.
- 18,000 in the range (-0.1 % to - 5 %) readings for both capacity and EER were the same, 33.33 % instead of 10 % and 20 % in 12,000 size.
- The possibility of improving by optimization capacity and EER compared to R-410A are high

3.5. Capacity and EER behaviour of R-410A Alternatives for each refrigerant across all categories and testing temperatures

Figure 12 Capacity and EER performance of R-410A alternatives for each refrigerant across all categories and all testing temperatures

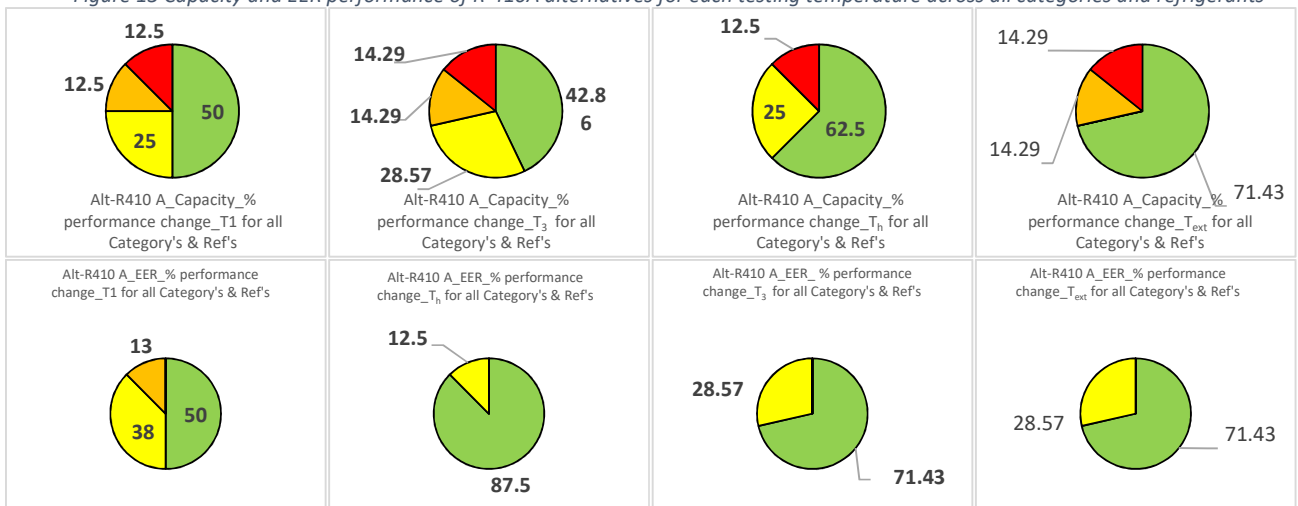




- All refrigerants showed improvement in capacity by 25% to 67 % and 50 % to 75 % in EER.
- One refrigerant was excluded from the comparison because of lack of data.
- All refrigerants have excellent chances of improvement in capacity and EER by optimization.

3.6. Capacity and EER behaviour of R-410A Alternatives for each temperature across all categories and refrigerants

Figure 13 Capacity and EER performance of R-410A alternatives for each testing temperature across all categories and refrigerants



- At T₁: 50 % of all test readings show better capacities than R-410 A for all refrigerants and categories and 50% better EER.
 - At T₃: 42.86 % decrease in capacity improvement to 42.86% and then improvement rose to 62.5% and 71.43 % at T_h and T_{ext}.
 - At T₃: 87.5 % improvement in EER. Improvement diminished slightly to 71.43 % for both T_h and T_{ext}.
- Excellent prospects for improvement in capacity and EER by optimization compared to R-410 A across all temperature testing conditions for all categories and all refrigerants.

Chapter 4

4. Energy Efficiency and Progressive Changes in MEPS for Egypt

Egypt's MEPS (Minimum Energy Performance Standards) energy efficiency label requirement for mini split air conditioning units and window type, ES: 3795-/2013 and ES: 3795-/2016 Part 1-for constant speed compressors- define EER (BTU/W.hr) at T_1 condition (ISO 5151) across several efficiency classes, A 5+ to E as listed in the tables below according to regulation years, 2014 to 2021.

MEPS progression across the years:

The standards, starting June 2014, lists EER values for energy efficiencies that define a certain class, termed calibration level, starting from E to A⁺⁺, see table below.

Table 14: Egypt Energy Ratings per 2014 Standard

| Calibration | Energy Efficiency ratio of a room air conditioner (Split AC) | |
|-----------------|--|---|
| | Watt/ Watt | B.T.U/ Watt/h |
| A ⁺⁺ | Higher or equal to 4,1 | Higher or equal to 14 |
| A+ | Higher than or equal to 3, 81 and less than 4,1 | Higher or equal to 13 and less than 14 |
| A | Higher than or equal to 3, 51 and less than 3, 81 | Higher or equal to 12 and less than 13 |
| B | Higher than or equal to 3, 22 and less than 3, 51 | Higher or equal to 11 and less than 12 |
| C | Higher than or equal to 3, 08 and less than 3, 22 | Higher or equal to 10, 5 and less than 11 |
| D | Higher than or equal to 2, 93 and less than 3, 08 | Higher or equal to 10 and less than 10, 5 |
| E | Higher than or equal to 2, 78 and less than 2, 93 | Higher or equal to 9, 5 and less than 10 |

Those EER classes' changes to become progressively stricter, as of June 2017, see table shown below, new class created A⁺⁺⁺ and class E removed:

Table 15: Egypt Energy Ratings per 2017 Standard

| Calibration | Energy Efficiency ratio of a room air conditioner (Split AC) | |
|------------------|--|---|
| | Watt/ Watt | B.T.U/ Watt/h |
| A ⁺⁺⁺ | Higher or equal to 4,4 | Higher or equal to 15 |
| A ⁺⁺ | Higher than or equal to 4,1 and less than 4,4 | Higher or equal to 14 and less than 15 |
| A+ | Higher than or equal to 3, 81 and less than 4,1 | Higher or equal to 13 and less than 14 |
| A | Higher than or equal to 3, 51 and less than 3, 81 | Higher or equal to 12 and less than 13 |
| B | Higher than or equal to 3, 22 and less than 3, 51 | Higher or equal to 11 and less than 12 |
| C | Higher than or equal to 3, 08 and less than 3, 22 | Higher or equal to 10, 5 and less than 11 |
| D | Higher than or equal to 2, 93 and less than 3, 08 | Higher or equal to 10 and less than 10, 5 |

And in June 2019 as shown below, new class created A⁺⁺⁺⁺ and class D removed:

Table 16: Egypt Energy Ratings per 2019 Standards

| Calibration | Energy Efficiency ratio of a room air conditioner (Split AC) | |
|-------------------|--|---|
| | Watt/ Watt | B.T.U/ Watt/h |
| A ⁺⁺⁺⁺ | Higher or equal to 4,69 | Higher or equal to 16 |
| A ⁺⁺⁺ | Higher or equal to 4,4 and less than 4,69 | Higher or equal to 15 and less than 16 |
| A ⁺⁺ | Higher than or equal to 4,1 and less than 4,4 | Higher or equal to 14 and less than 15 |
| A ⁺ | Higher than or equal to 3, 81 and less than 4,1 | Higher or equal to 13 and less than 14 |
| A | Higher than or equal to 3, 51 and less than 3, 81 | Higher or equal to 12 and less than 13 |
| B | Higher than or equal to 3, 22 and less than 3, 51 | Higher or equal to 11 and less than 12 |
| C | Higher than or equal to 3, 08 and less than 3, 22 | Higher or equal to 10, 5 and less than 11 |

Finally in June 2021 it becomes as shown below, new class created A⁺⁺⁺⁺⁺ and class C removed:

Table 17: Egypt Energy ratings per 2021 Standard

| Calibration | Energy Efficiency ratio of a room air conditioner (Split AC) | |
|--------------------|--|--|
| | Watt/ Watt | B.T.U/ Watt/h |
| A ⁺⁺⁺⁺⁺ | Higher or equal to 4,98 | Higher or equal to 17 |
| A ⁺⁺⁺⁺ | Higher or equal to 4,69 and less than 4, 98 | Higher or equal to 16 and less than 17 |
| A ⁺⁺⁺ | Higher or equal to 4,4 and less than 4,69 | Higher or equal to 15 and less than 16 |
| A ⁺⁺ | Higher than or equal to 4,1 and less than 4,4 | Higher or equal to 14 and less than 15 |
| A ⁺ | Higher than or equal to 3, 81 and less than 4,1 | Higher or equal to 13 and less than 14 |
| A | Higher than or equal to 3, 51 and less than 3, 81 | Higher or equal to 12 and less than 13 |
| B | Higher than or equal to 3, 22 and less than 3, 51 | Higher or equal to 11 and less than 12 |

When the EER values are tabulated according to efficiency class (calibration) versus the year(s) when standards come into operation, the below table is obtained, where the most efficient class for each year(s) is in red followed by green, violet, sky blue, orange, light blue and navy blue as the class of efficiency becomes less and less . For all years there are 7 classes of efficiency.

The highest EER in 2014-2016 was 14 for class A²⁺ while in 2021 the highest EER will be 17 and a new class created; A⁵⁺. This continuous progression to more efficient systems is reflected in the graph below, where EERs are plotted across all years from 2014 to 2021. The top line denotes the highest EER for each regulation year, while the other lines are in descending order. The colors of the rows in the table correspond to the colors of the lines in the graph, 7 classes of efficiency for each year(s).

Table 18: EER Values at T1 according to the Egyptian Standard ES: 3795/2016

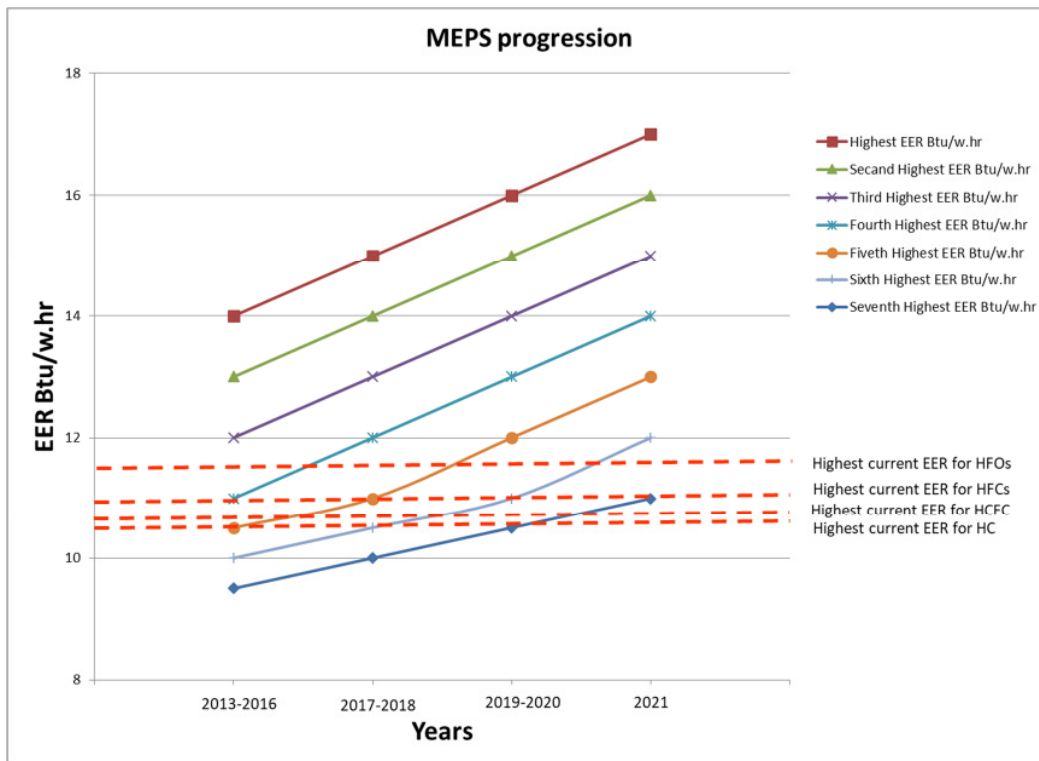
| Eff. class /yr. | 2014-2016 | 2017-2018 | 2019-2020 | 2021 |
|-----------------|-----------|-----------|-----------|------|
| A ⁵⁺ | | | | 17 |
| A ⁴⁺ | | | 16 | 16 |
| A ³⁺ | | 15 | 15 | 15 |
| A ²⁺ | 14 | 14 | 14 | 14 |
| A ⁺ | 13 | 13 | 13 | 13 |
| A | 12 | 12 | 12 | 12 |
| B | 11 | 11 | 11 | 11 |
| C | 10.5 | 10.5 | 10.5 | |
| D | 10 | 10 | | |
| E | 9.5 | | | |

The table shows how the energy efficiency classes are increasing progressively with the years.

EER versus years:

The graph below shows the highest to lowest EER plotted against the years it came/coming into effect. The graph shows the progression to higher EER with the years. The values are taken from the table above. Seven classes are represented for each year.

Figure 14: EER curves for the highest in each class plotted vs. the standard regulation year



When the results of the Egyptian program for testing alternative low-GWP refrigerants for the Egyptian air conditioning industry, EGYPRA, are plotted on the graph as straight lines showing the best EER achieved for HCFCs, HFCs, HC and HFO, the following is shown:

- The highest EER of prototypes using HC-290 refrigerant is 10.35
- The highest EER of tested units using HCFC refrigerant is 10.5
- The highest EER of tested units using HFC refrigerant is 10.88
- The highest EER of prototypes using HFO refrigerant is 11.5

EGYPRA prototypes, especially made for the program, were optimized by choosing an optimum refrigerant charge and suitable selection of capillary tube (expansion device). No changes were made to either evaporator or condenser.

The best EER of alternative refrigerants cannot achieve at current optimization more than class B (light blue) for MEPS 2019-2020 and class B (navy blue) for 2021.

However, there is potential for improvement. The potential for improvement is based on the fact that the prototypes were built with many constraints (size and type of heat exchangers, size of the units, etc...). In future further optimization through the selection of compressors better suited to alternative refrigerants and the selection of heat exchangers that can improve the efficiency of the units will increase EER of the systems.

Can EER improvement be made from the current 11.5 to 16 in 2019 and 17 in 2 years? This remains to be seen, although it is unlikely. How far can EERs improve is related to the optimization process itself which requires research and development capabilities and capital cost and time. This might be beyond the capability of the majority of the manufacturers.

Further results of this correlation is as follows:

- Shifting to variable speed split units is inevitable if the higher efficiency EER standards are to be achieved by 2019 and beyond, with the resultant additional incremental costs associated with this shift, in manufacturing equipment and end product cost (USD 50 to 100).
- The introduction of Not-In-Kind cooling technology must be accelerated, if energy efficiency rates are to be improved for the air conditioning sector.

Chapter 5

5. Conclusion

EGYPRA is funded from Egypt's HCFC Phase-out Management Plan (HPMP) as an enabling activity for the benefit of the Egyptian air conditioning industry to help local manufacturers experiment working with new alternative lower-GWP refrigerants.

EGYPRA tested refrigerants with medium pressure characteristics similar to HCFC-22 and others with high pressure similar to R-410A in split system units. Testing of central units with higher capacity was not finalized in time for this report due to lack of testing facilities for flammable refrigerants at those capacities. Results will be reported in the future once testing and evaluation is done.

This conclusion is in two parts: technical and institutional regarding capacity building requirements.

5.1. Technical Conclusion

EGYPRA results lead to the following conclusions:

- As expected, and for all refrigerants, moving from T_1 to T_3 testing temperatures, both capacity and EER deteriorate, at different levels, across all categories and refrigerants;
- At T_{High} , the increased indoor wet bulb testing condition, as per EOS & ISO-5151, leads to better results for EER and capacity compared to T_3 ;
- Since $T_{Extreme}$ testing condition is similar to T_{High} , with regard to indoor wet bulb testing condition, both EER and capacity re-deteriorate;
- In general, there are candidates with potential for improvement; however, since high pressure refrigerants show better results vs. R-410A, the potential for improvement is higher.

Almost all of the OEMs who have participated in EGYBRA have already introduced R-410A units into the market. One uncorroborated study shows that more than 10% of the units sold in 2017 were with R-410A. This might make it easier for OEMs to leap-frog solutions for HCFC-22 and pass directly to high pressure alternatives to R-410A as the possibility for performance and EER improvement is higher for those alternatives.

Results also show that the potential for improvement applies also at higher ambient temperatures, an important factor for some of the regions in the south of Egypt that experience higher ambient temperatures than 35 °C. This is also important for the export market as some manufacturers export to neighboring HAT countries in the region.

5.2. Capacity Building Requirements

The conclusion from chapter 4 is clear: at the current optimization level, none of the prototypes tested will be able to meet more than class B of the 2021 MEPS values; however, the fact is that prototypes were built with many constraints

- The prototypes could be further optimized through the selection of compressors better suited to the tested refrigerants and the selection of heat exchangers that can improve the efficiency of the units;
- Variable speed technology would improve the Seasonal EER of the units where applicable;
- The optimization process requires research and development capabilities that might go beyond those available at some of the manufacturers;

- A further conclusion concerns the testing facilities of the EGYPRA OEMs. Witness testing has enabled the Technical Consultant to carefully assess the capabilities of each lab, especially for testing flammable refrigerants. For confidentiality purposes, the general description of the lab facilities given in Annex 2 does not aim to critique the individual labs or divulge where the individual labs need to be upgraded; however, the fact remains that some of the labs could benefit from an upgrade program;
- The lack of an accredited independent lab to test larger than 65,000 Btuh units using flammable refrigerants was the reason for the delay in testing central units which are part of the EGYPRA project. These units were built by the respective manufacturers; however, the arrangement for testing them independently and with good certainty could not be made on time for this report.
- Test results show that all refrigerants used in the project are viable alternatives from a thermodynamic point of view. The viability in terms of the other criteria like commercial availability, cost, and safety – among others - needs to be further researched.

Bibliography

- Abdelaziz 2015 Abdelaziz O, Shrestha S, Munk J, Linkous R, Goetzler W, Guernsey M and Kassuga T, 2015. "Alternative Refrigerant Evaluation for High-Ambient-Temperature Environments: R-22 and R-410A Alternatives for Mini-Split Air Conditioners", ORNL/TM-2015/536. Available at: https://www.energy.gov/sites/prod/files/2015/10/f27/bto_pub59157_101515.pdf .
- AREP 2014 AHRI Alternative Refrigerant Evaluation Program <http://www.ahrinet.org/arep>
- EOS 3795:2013 Egyptian Organization for Standardization and Quality - *Energy Efficiency Requirements for Window and Split Units (Arabic version) – Dec 2013*
- EOS 4814 Egyptian Organization for Standardization and Quality – *Testing and Performance Rating for Ductless Air conditioning Units (Arabic Version)*
- ISO 5151:2017 International Organization for Standardization - *Non-ducted air conditioners and heat pumps - Testing and rating for performance (2017-en)*
- PRAHA 2016 PRAHA Project Report: <https://www.unenvironment.org/resources/report/promoting-low-gwp-refrigerants-air-conditioning-sectors-high-ambient-temperature>
- RTOC 2014 Refrigeration and Air conditioning technical Options Committee Assessment report (2014)

Annex 1: Test Results

The annex includes tables and charts from the test results. All OEMs results were compiled by category, for HCFC-22 equivalent refrigerants and for R-410A equivalent refrigerants.

The tables show the results for capacity in Btuh and EER at the four testing temperatures. The tables are per category of 12,000 Btuh split units, 18,000 split units and 24,000 Btuh split units. They include all alternatives refrigerant tested by each OEM.

The equivalent bar charts reflect the results in the tables: one bar chart for capacity and one bar chart for EER.

The sequence in which they are presented is:

- Table and bar chart equivalents for HCFC-22 alternatives in the 12,000 Btuh category;
- Table and bar chart equivalents for HCFC-22 alternatives in the 18,000 Btuh category;
- Table and bar chart equivalents for HCFC-22 alternatives in the 24,000 Btuh category;
- Table and bar chart equivalents for R-410A alternatives in the 12,000 Btuh category;
- Table and bar chart equivalents for R-410A alternatives in the 18,000 Btuh category;
- Table and bar chart equivalents for R-410A alternatives in the 24,000 Btuh category.

Table 19 A1: Capacity and EER Results for HCFC-22 alternatives in 12,000 Btuh category

| HCFC-22 eq. 12,000 Btuh | | OEM A | | | | OEM B | | | | OEM C | | | | OEM E | | | |
|----------------------------|-----|----------------|----------------|-------------------|------------------|----------------|----------------|-------------------|------------------|----------------|----------------|-------------------|------------------|----------------|----------------|-------------------|------------------|
| Ambient | | T ₁ | T ₃ | T _{high} | T _{Ext} | T ₁ | T ₃ | T _{high} | T _{Ext} | T ₁ | T ₃ | T _{high} | T _{Ext} | T ₁ | T ₃ | T _{high} | T _{Ext} |
| R-22 | CAP | 11479 | 9699 | 11353 | 8407 | 11410 | 9988 | 10900 | 10035 | 11452 | 9960 | 10560 | 10181 | 10753 | 10415 | 10352 | 9381 |
| | EER | 9.74 | 6.88 | 7.31 | 5.61 | 8.410 | 6.380 | 6.330 | 5.470 | 10.002 | 7.249 | 6.975 | 6.231 | 10.290 | 8.300 | 7.380 | 6.230 |
| R-290 | CAP | | | | | | | | | 10219 | 8677 | 9289 | 7747 | | | | |
| | EER | | | | | | | | | 10.355 | 7.171 | 6.959 | 5.217 | | | | |
| ARM-20a R-457A | CAP | | | | | | | | | 11023 | 9376 | 10892 | 9517 | | | | |
| | EER | | | | | | | | | 8.358 | 6.239 | 6.582 | 5.556 | | | | |
| Opteon XL-20 R-454C | CAP | | | | | 10968 | 9349 | 9946 | 9042 | | | | | 6980.6 | 4958.27 | 5762.15 | 4489.25 |
| | EER | | | | | 7.970 | 6.000 | 5.860 | 5.050 | | | | | 8.150 | 5.200 | 5.600 | 4.180 |
| L-20 R-444B | CAP | 11790 | 9661 | 10241 | 8881 | | | | | | | | | | | | |
| | EER | 8.43 | 5.73 | 5.53 | 4.47 | | | | | | | | | | | | |

Figure 15 A1 - Equivalent capacity charts for HCFC-22 alternatives in 12,000 Btuh category plotted vs HCFC-22 results

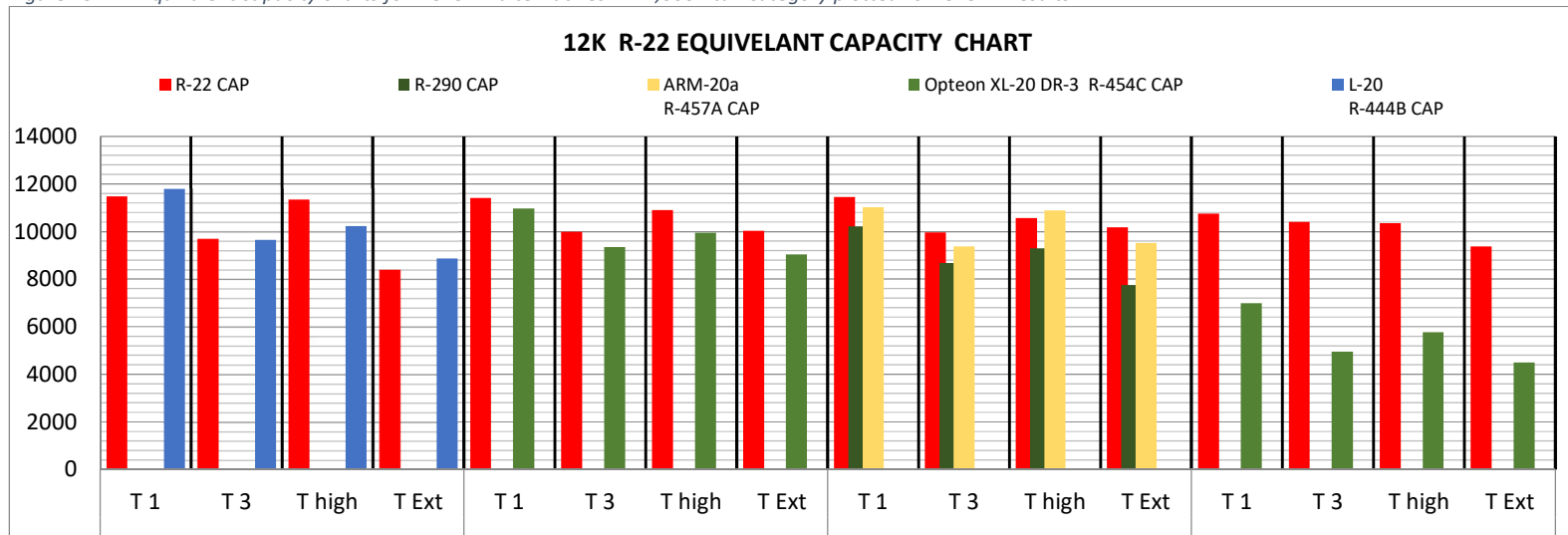


Figure 16 A1 - Equivalent EER chart for HCFC-22 alternatives in 12,000 Btuh category plotted vs HCFC-22 results

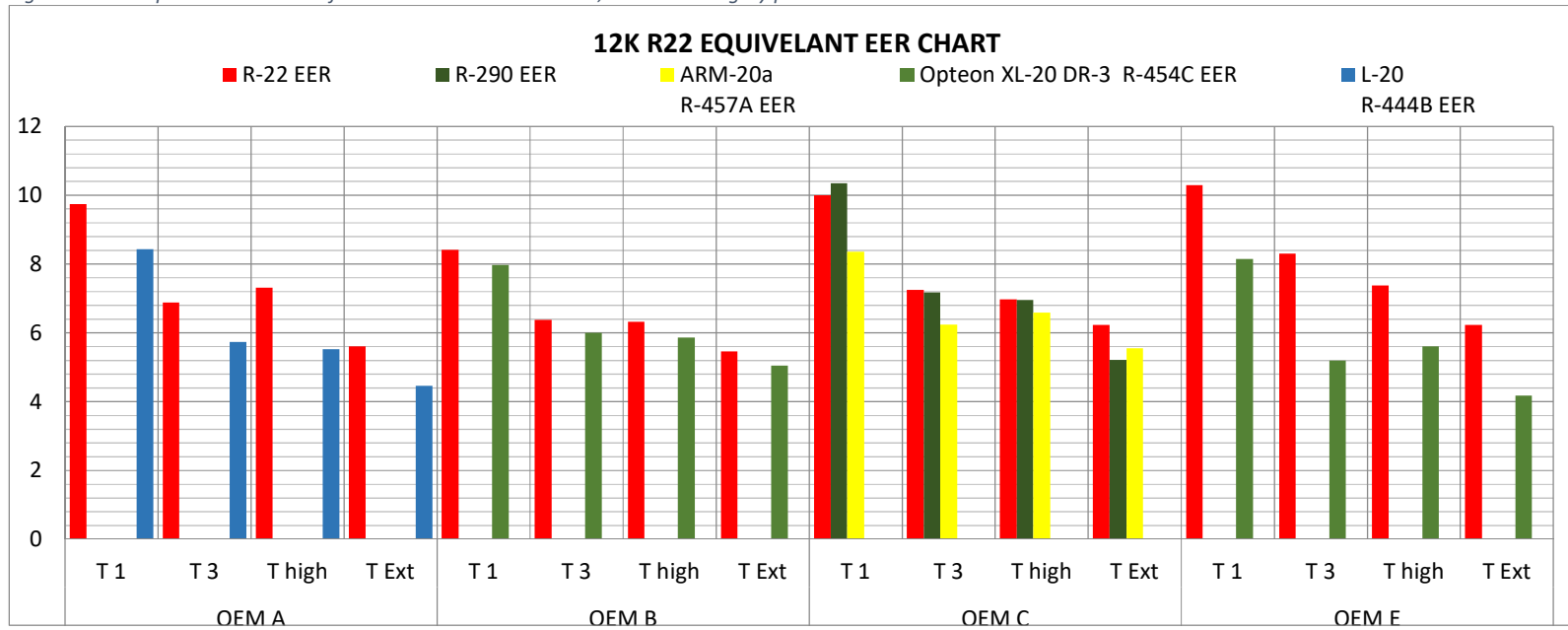


Table 20 A1- Capacity and EER results for HCFC-22 alternatives in 18,000 Btuh category

| HCFC-22 eq. 18,000 Btuh | | OEM A | | | | OEM B | | | | OEM C | | | | OEM D | | | |
|----------------------------|-----|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|--------|-------|
| Ambient | | T 1 | T 3 | T high | T Ext | T 1 | T 3 | T high | T Ext | T 1 | T 3 | T high | T Ext | T 1 | T 3 | T high | T Ext |
| R-22 | CAP | 18659 | 16799 | 17543 | 15046 | 16433 | 14545 | 13718 | 15350 | 18160 | 16182 | 17632 | 16292 | 17548 | 16422 | 14624 | 13948 |
| | EER | 9.410 | 7.260 | 6.980 | 5.550 | 8.930 | 6.650 | 6.370 | 5.330 | 10 | 7.372 | 7.371 | 6.445 | 10.500 | 8.750 | 7.220 | 6.00 |
| R-290 | CAP | 16111 | 14067 | 15343 | 13442 | | | | | | | | | | | | |
| | EER | 9.310 | 7.090 | 7.170 | 5.860 | | | | | | | | | | | | |
| R-457A | CAP | | | | | 15257 | 12672 | 13418 | 12149 | | | | | | | | |
| | EER | | | | | 9.260 | 6.590 | 6.310 | 5.330 | | | | | | | | |
| R-454C | CAP | | | | | | | | | 16510 | 14327 | 15619 | 14250 | | | | |
| | EER | | | | | | | | | 9.312 | 6.972 | 7.011 | 6.015 | | | | |
| R-444B | CAP | | | | | | | | | | | | | 17098 | 15746 | 13498 | 13047 |
| | EER | | | | | | | | | | | | | 10.000 | 7.780 | 6.320 | 5.400 |

Figure 17 A1 - Equivalent capacity charts for HCFC-22 alternatives in 18,000 Btuh category plotted vs HCFC-22 results

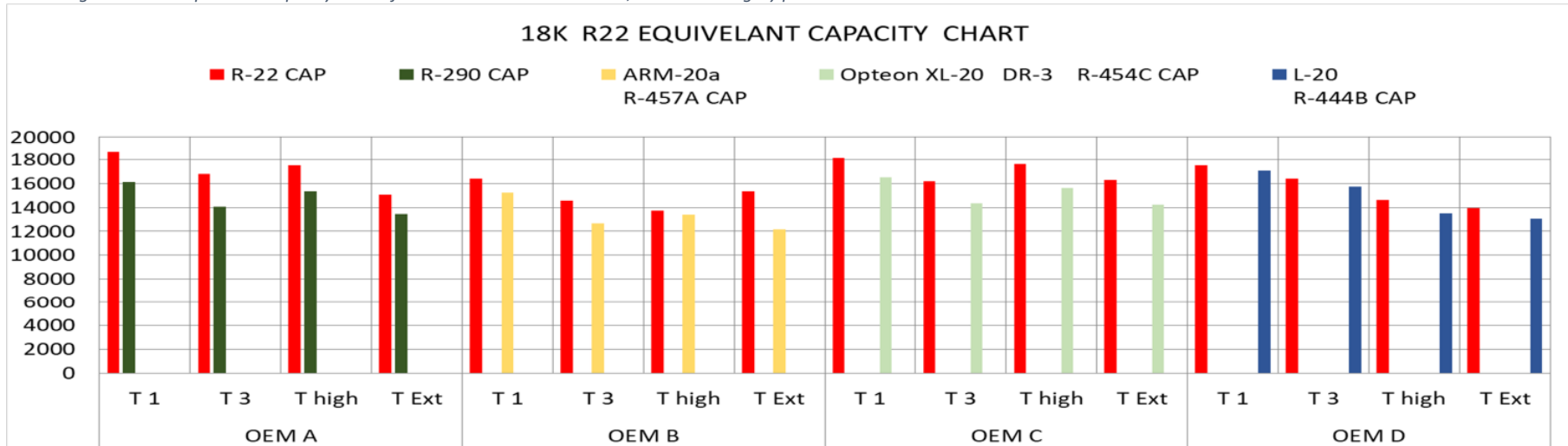


Figure 187 A1 - Equivalent EER charts for HCFC-22 alternatives in 18,000 Btuh category plotted vs HCFC-22 results

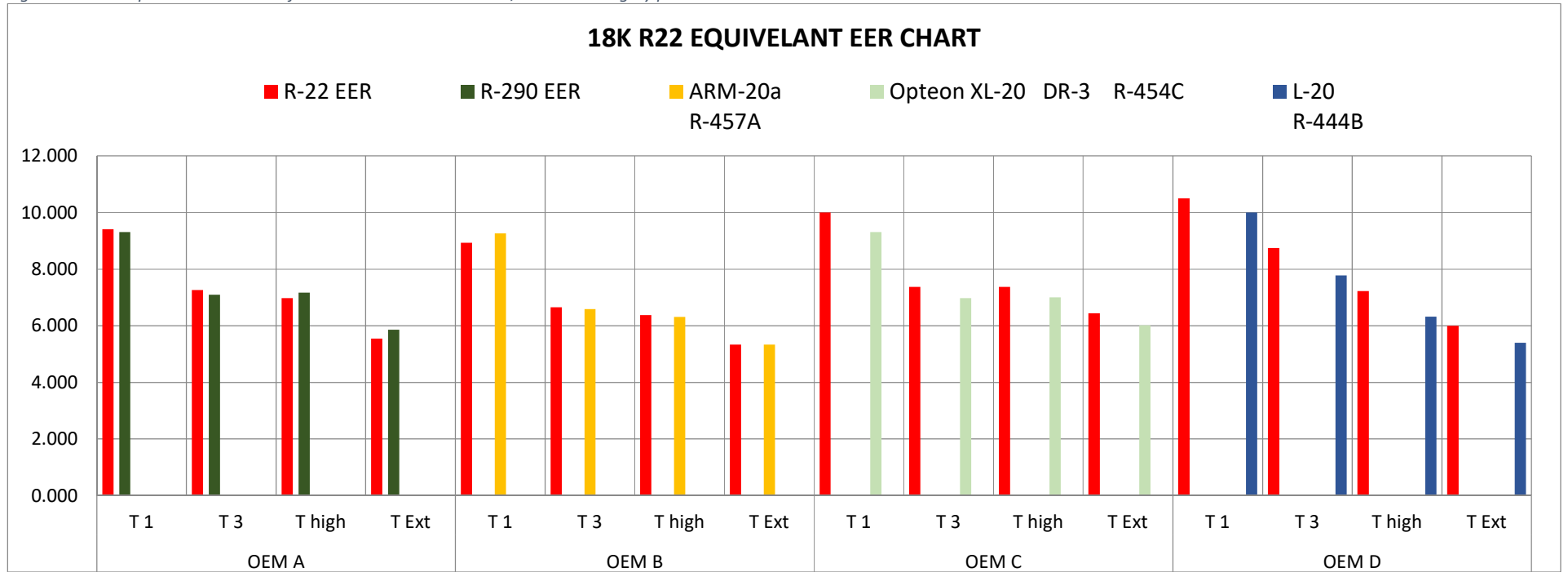


Table 21 A1 - Capacity and EER results for HCFC-22 alternatives in 24,000 Btuh category

| HCFC-22 eq. 24,000 Btuh | | OEM B | | | | OEM D | | | |
|------------------------------|-----|-------|-----|--------|-------|-------|-------|--------|-------|
| Ambient | | T 1 | T 3 | T high | T Ext | T 1 | T 3 | T high | T Ext |
| R-22 | CAP | 22782 | | | | 22318 | 21202 | 20144 | 19148 |
| | EER | 9.270 | | | | 9.300 | 7.320 | 6.100 | 5.73 |
| R-290 | CAP | | | | | | | | |
| | EER | | | | | | | | |
| ARM-20a R-457A | CAP | | | | | 21758 | 20670 | 19636 | 18657 |
| | EER | | | | | 8.78 | 6.85 | 5.82 | 5.25 |
| Opteon XL-20 DR- 3 R-454C | CAP | | | | | | | | |
| | EER | | | | | | | | |
| L-20 R-444B | CAP | 23436 | | | | | | | |
| | EER | 7.38 | | | | | | | |

Figure 19 A1 - Equivalent capacity charts for HCFC-22 alternatives in 24,000 Btuh category plotted vs HCFC-22 results

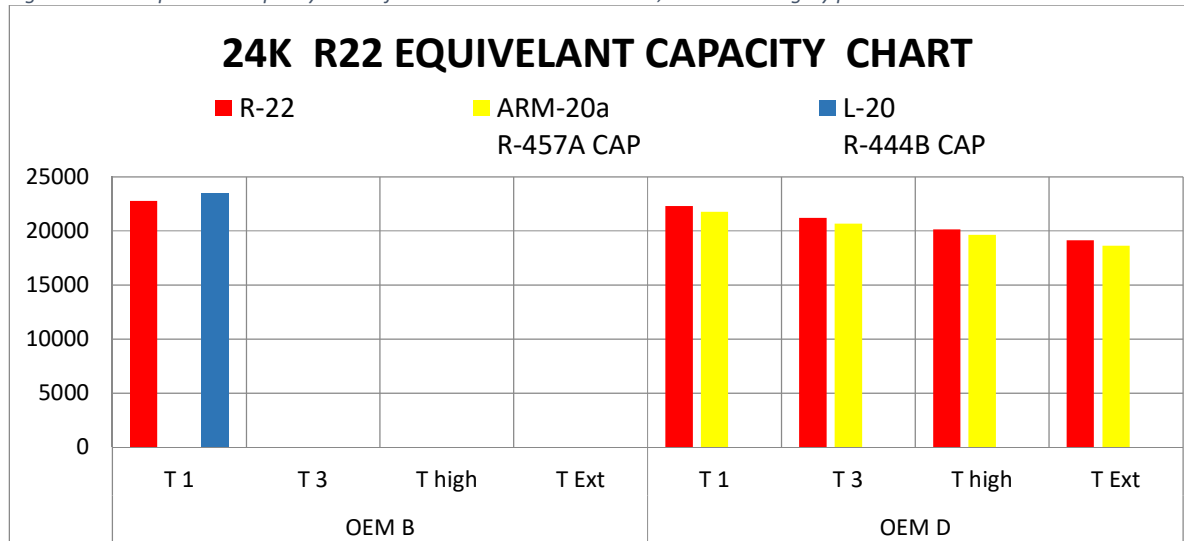


Figure 20 A1 - Equivalent EER chart for HCFC-22 alternatives in 24,000 Btuh category plotted vs HCFC-22 results

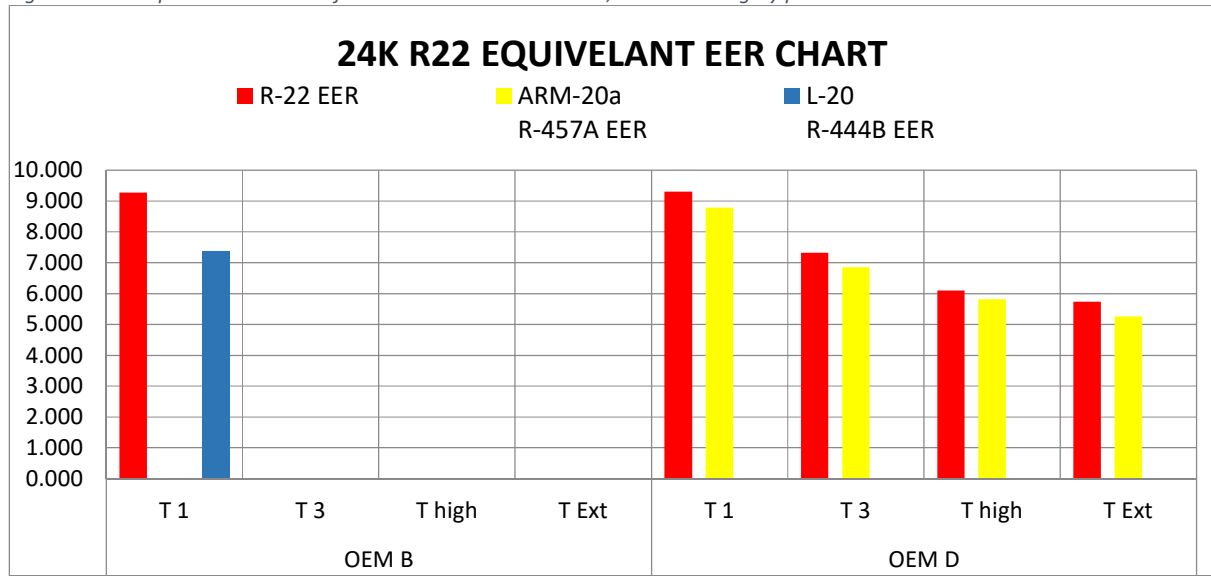


Table 22 A1 - Capacity & EER results for R-410A alternatives in 12,000 Btuh category

| R-410 A eq. | | OEM A | | | | OEM B | | | | OEM E | | | |
|--------------------------------|-----|-------|-----|--------|-------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|---------|--------|
| 12,000 Btuh Ambient | | T 1 | T 3 | T high | T Ext | T 1 | T 3 | T high | T Ext | T 1 | T 3 | T high | T Ext |
| R-410A | CAP | 10307 | - | 8313 | - | 12068 | 10343 | 11089 | 9968 | 11905 | 9369 | 10848 | 9299 |
| | EER | 8.77 | - | 5.43 | - | 10.17 | 7.31 | 7.15 | 5.93 | 10.88 | 7.29 | 7.42 | 5.89 |
| ARM-71a R-459A | CAP | | | | | | | | | | | | |
| | EER | | | | | | | | | | | | |
| R-32 | CAP | | | | | 11355 | 9249 | 9822 | 8499 | | | | |
| | EER | | | | | 11.51 | 7.53 | 7.26 | 5.69 | | | | |
| Opteon XL-41 DR-5 R-454B | CAP | | | | | | | | | 11987 | 11130 | 12257 | 11094 |
| | EER | | | | | | | | | 9.92 | 7.95 | 7.66252 | 6.7676 |
| L-41 R447A | CAP | 9963 | - | 8539 | - | | | | | | | | |
| | EER | 8.38 | - | 5.55 | - | | | | | | | | |

Figure 21 A1 - Equivalent capacity chart for R410A alternatives in 12,000 Btuh category plotted vs R-410A results

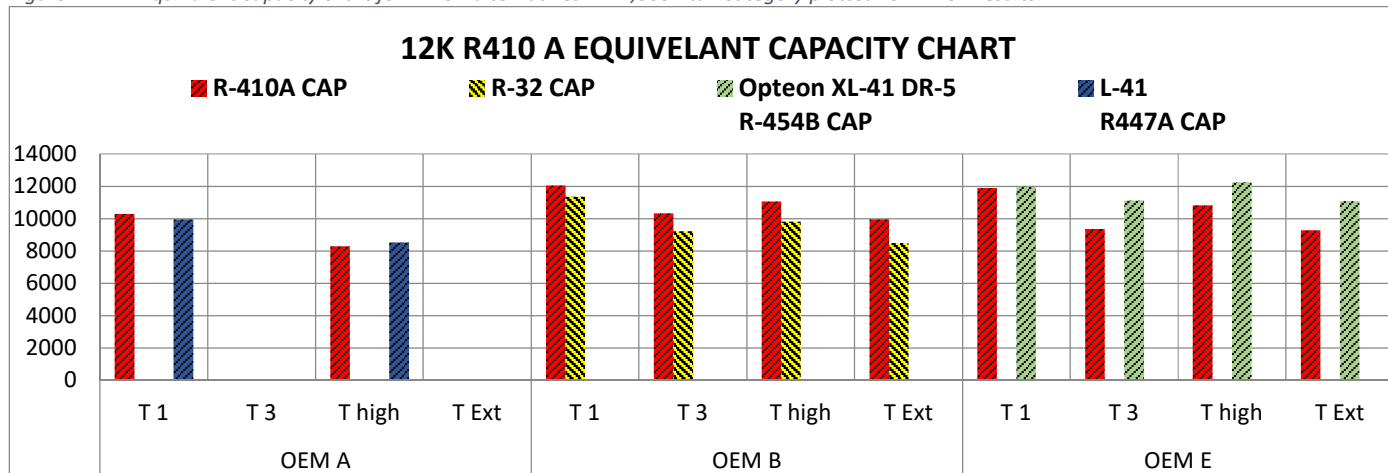


Figure 22 A1 - Equivalent EER chart for R-410A alternatives in 12,000 Btuh category plotted vs R-410A results

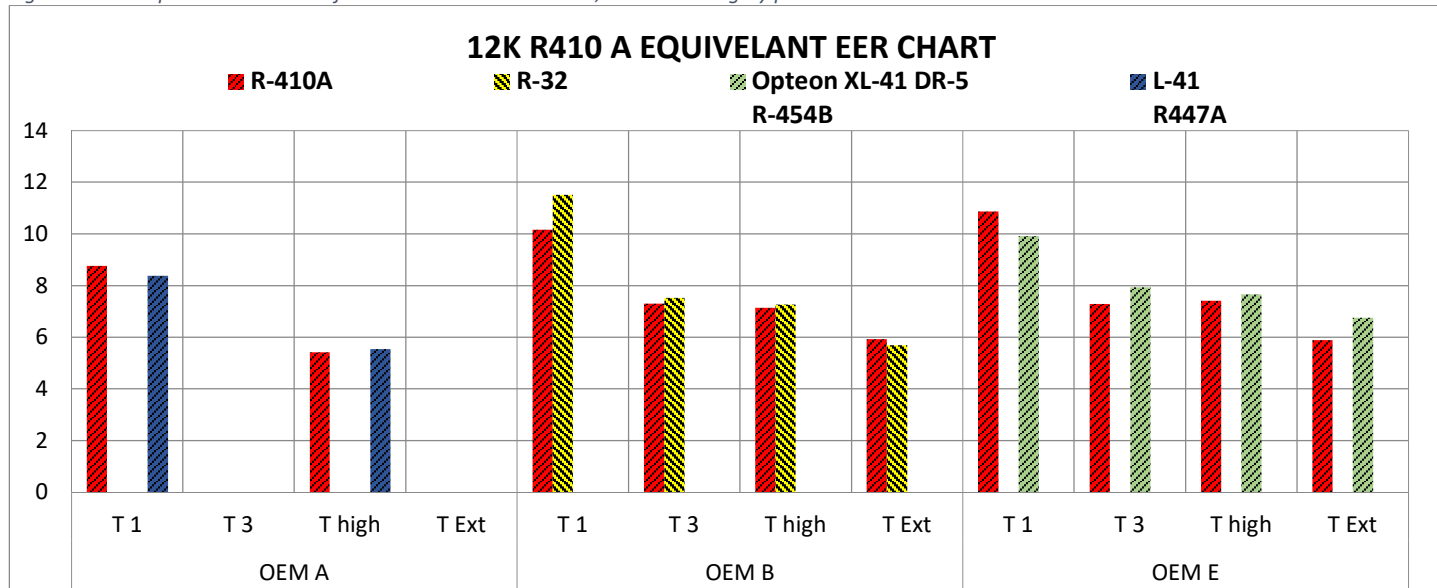


Table 23 A1 - Capacity & EER results for R-410A alternatives in 18,000 Btuh category

| R-410 A eq. 18,000 Btuh | | OEM A | | | | OEM C | | | |
|-----------------------------|-----|-------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-------|
| Ambient | | T 1 | T 3 | T high | T Ext | T 1 | T 3 | T high | T Ext |
| R-410A | CAP | 16938 | 14337 | 14123 | 12441 | 17800 | 14924 | 16075 | 13746 |
| | EER | 9.8 | 6.8 | 6.3 | 5.1 | 9.152 | 6.497 | 6.485 | 5.116 |
| ARM-71a R-459A | CAP | | | | | 17115 | 14430 | 15392 | 14023 |
| | EER | | | | | 9.282 | 6.544 | 6.265 | 5.32 |
| R-32 | CAP | 17616 | 15255 | 15761 | 13809 | | | | |
| | EER | 10.03 | 7.1 | 6.65 | 5.29 | | | | |
| Opteon XL-41 DR-5 R-454B | CAP | 15167 | 13229 | 13782 | 11800 | | | | |
| | EER | 9.5 | 6.9 | 6.5 | 5.2 | | | | |
| L-41 R447A | CAP | | | | | | | | |
| | EER | | | | | | | | |

Figure 23 A1- Equivalent capacity charts for R-410A alternatives in 18,000 Btuh category plotted vs R-410A results

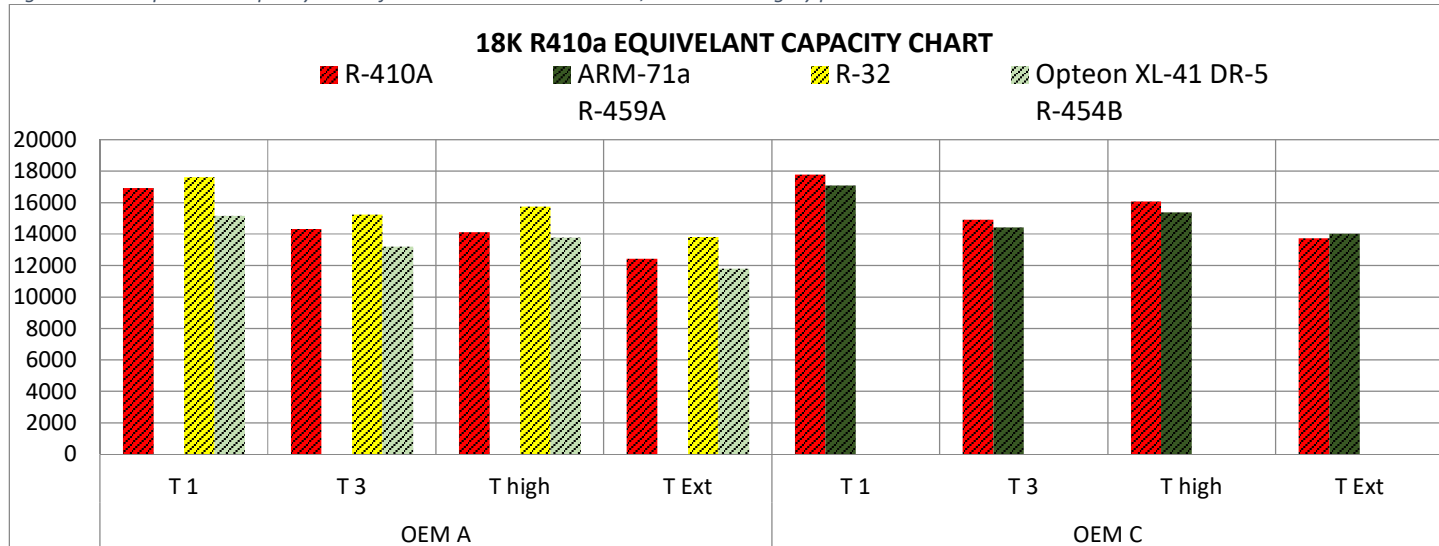


Figure 24 A1 - Equivalent EER chart for R-410A alternatives in 18,000 Btuh category plotted vs R-410A results

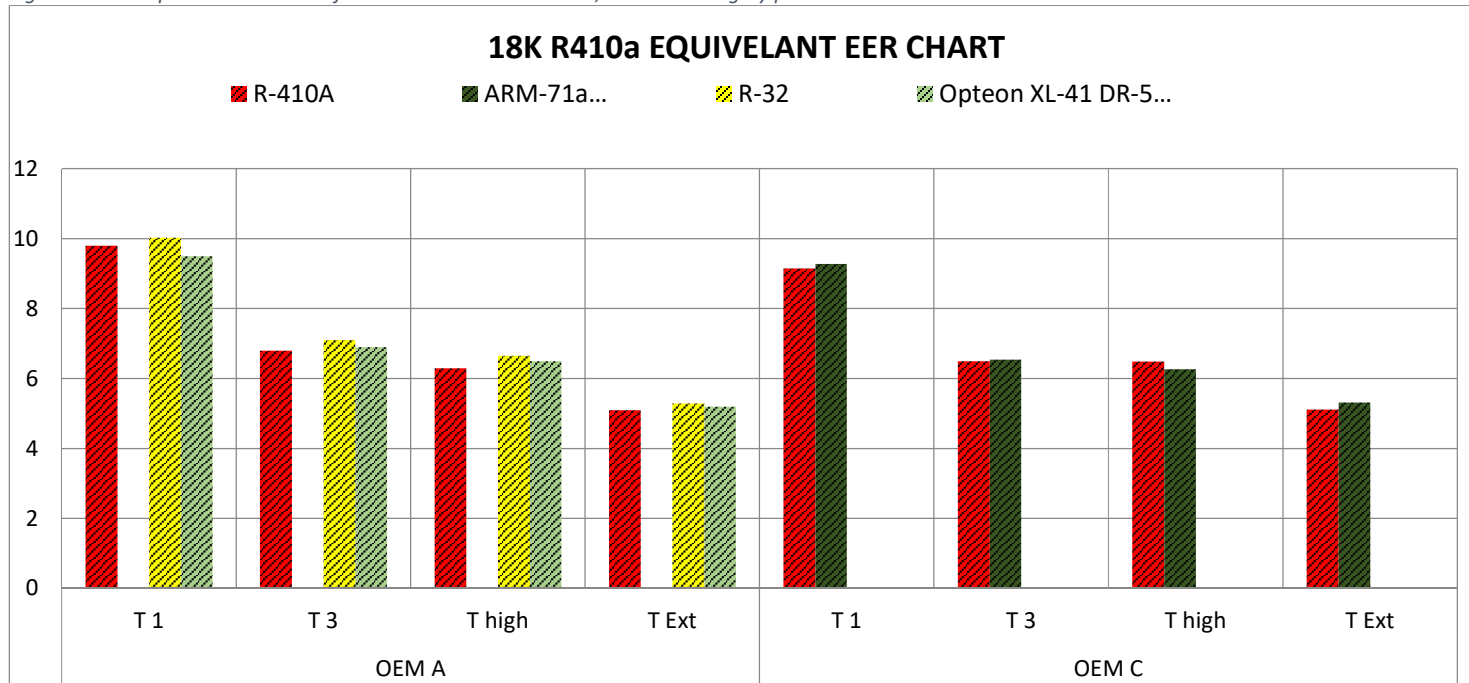


Table 24 A1 - Capacity & EER results for R-410A alternatives in 24,000 Btuh category

| R-410 A eq. 24,000 Btuh | | OEM C | | | |
|-----------------------------|-----|--------|-------|--------|-------|
| | | T 1 | T 3 | T high | T Ext |
| R-410A | CAP | 23022 | 19531 | 20534 | 18379 |
| | EER | 10.57 | 7.518 | 7.376 | 6.161 |
| ARM-71a R-459A | CAP | | | | |
| | EER | | | | |
| R-32 | CAP | 23310 | 19522 | 21876 | 19035 |
| | EER | 10.62 | 7.228 | 7.459 | 5.988 |
| Opteon XL-41 DR-5 R-454B | CAP | 23766 | 20241 | 22268 | 20160 |
| | EER | 10.653 | 7.516 | 7.515 | 6.224 |
| L-41 R447A | CAP | | | | |
| | EER | | | | |

Figure 25 A1 - Equivalent capacity charts for R-410A alternatives in 24,000 Btuh category plotted vs R-410A results

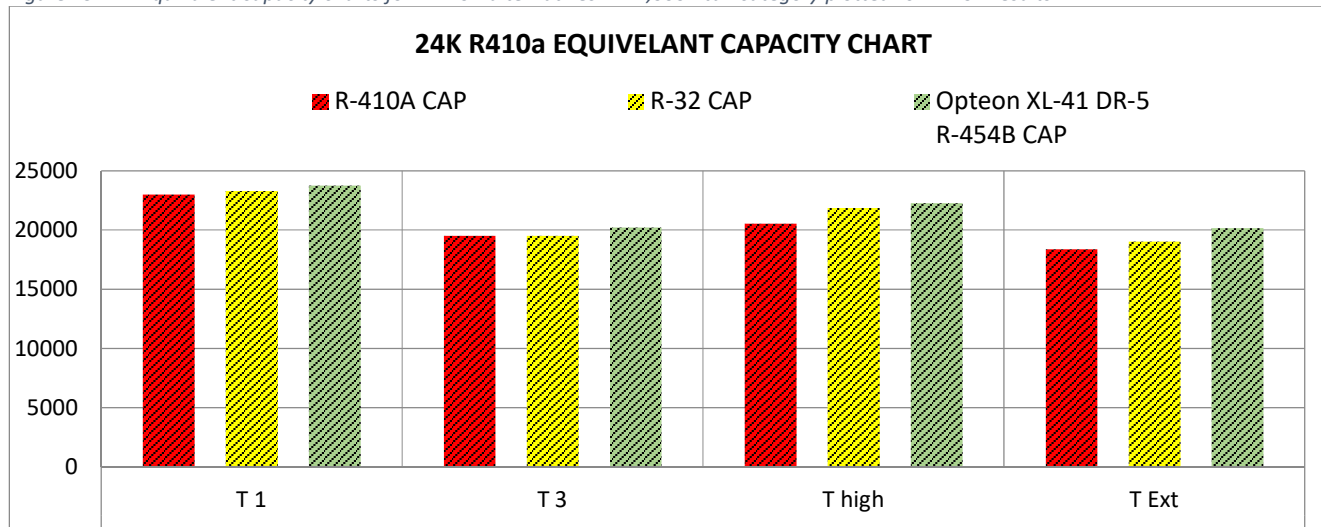
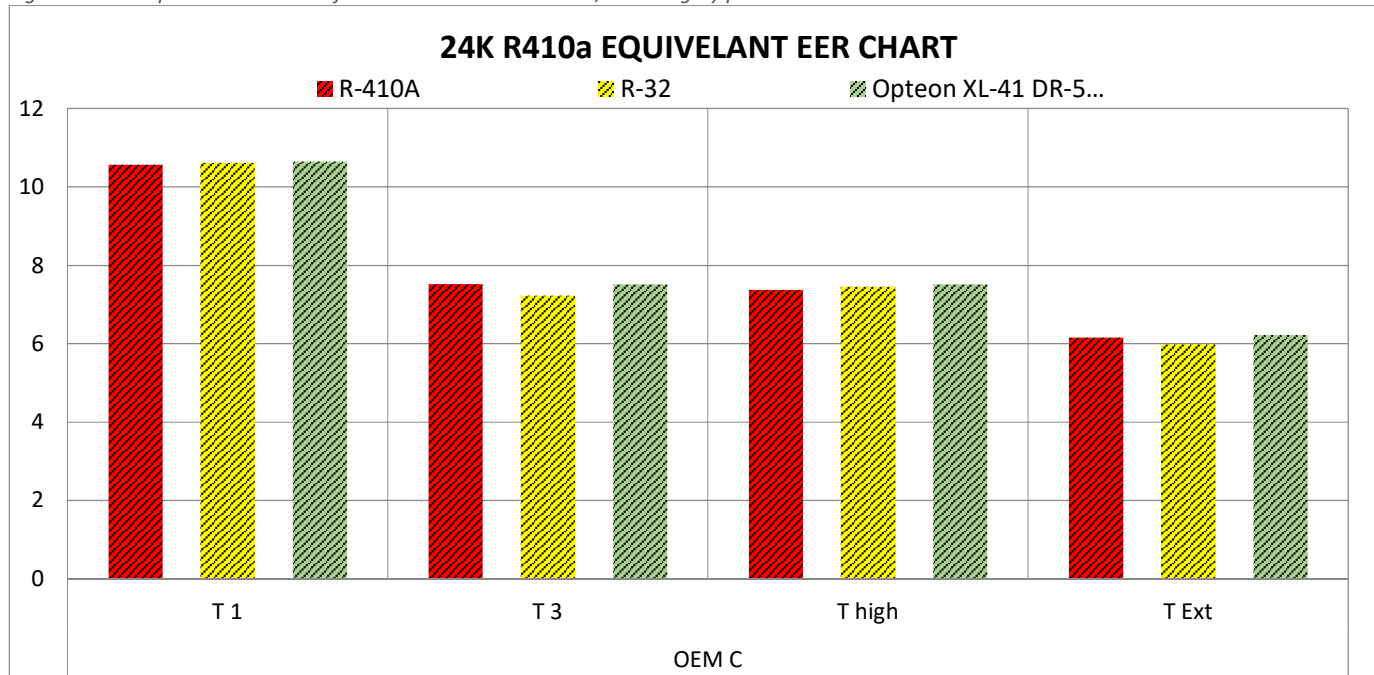


Figure 26 A1 - Equivalent EER chart for R-410A alternatives in 24,000 category plotted vs R-410A results



Annex 2: Sample Questionnaire for Local Manufacturers

Goal:

The Initiative objective is to test prototype air-conditioning units using low-GWP alternative technologies and share recommendations with manufacturers and decision makers in Egypt

Questionnaire:

This questionnaire is aimed at selected air-conditioning manufacturers in Egypt. The purpose of the questionnaire is to ask the preferences of the selected manufacturers in as far as technology selection and partnership with other stakeholders as well as getting a confirmation on their willingness to participate. All information compiled of this questionnaire will be treated as confidential.

| A. General Conditions | Participant response | |
|---|----------------------|----|
| My company is willing to participate in the project. If you answer YES, please proceed to rest to questionnaire. | YES | NO |

| B. Technology Selection | Participant response | |
|---|--|----|
| 1. Do you have a preference for the alternative refrigerant? | YES | NO |
| 2. Alternative refrigerant choice (<i>you can provide more than one selection by deleting what is not applicable</i>) | <ul style="list-style-type: none"> ➤ HFO Honeywell ➤ HFO DuPont ➤ R-32 ➤ Hydrocarbon | |
| 3. Do you have a preference for the compressor manufacturer? | YES | NO |
| 4. Provide name of compressor manufacturer(s) | | |

| C. Application Selection | Participant response | |
|--|---|----|
| 5. Do you have a preference for the type and capacity of equipment for which you will build the prototype? | YES | NO |
| 6. My selection of equipment: (<i>you can provide more than one selection</i>) | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Decorative split ➤ Ducted split ➤ Rooftop package ➤ Self-contained | |
| 7. My selection of cooling capacity | <ul style="list-style-type: none"> ➤ 1 – 5 tons ➤ 6 – 10 tons ➤ No preference | |

| D. Building Prototypes | Participant response | |
|--|---|----|
| 8. My company can design and/or build prototypes | YES | NO |
| 9. How many prototypes are you willing to build? | <ul style="list-style-type: none"> ➤ One ➤ More (<i>pls specify number</i>) | |

| E. Testing Prototypes | Participant response | |
|---|---|----|
| 10. Which type of testing do you prefer? | <ul style="list-style-type: none"> ➤ Independent 3rd party Testing ➤ Witness Testing at own premises | |
| 11. If you answered 3rd Party Testing , are you willing to pay the cost for the test? | YES | NO |

| | | |
|---|----------------------|----|
| 12. If you answered Witness Testing , is your lab certified and by whom? | YES Certified by: | NO |
|---|----------------------|----|

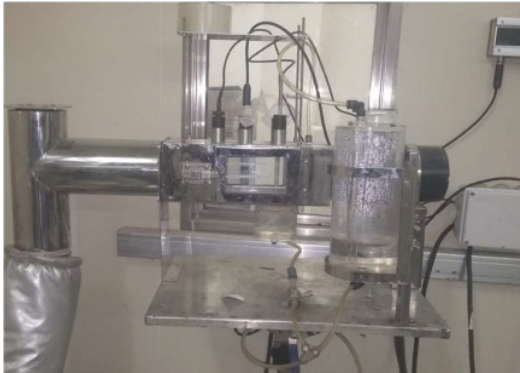
| F. Logistics | Participant response | |
|---|-----------------------------|----|
| 13. My company will allow independent consultants appointed by UNEP/UNIDO to oversee the development of the prototypes. | YES | NO |
| 14. If NO, pls describe what limitations you want to impose. | | |
| 15. My company will allow independent consultants appointed by UNEP/UNIDO to oversee the testing of the prototypes. | YES | NO |
| 16. If NO, pls describe what limitations you want to impose. | | |

| G. Information about the Company | Participant response | |
|--|-----------------------------|--|
| 17. Company Name | | |
| 18. Brand names used in market | | |
| 19. Company headquarters location | | |
| 20. Manufacturing location where prototype will be built | | |
| 21. Ownership percentage pertaining to the nationality where prototype is manufactured (<i>This information is needed to determine whether the limitations for project participation set by the Ozone Secretariat of the Montreal Protocol are applicable</i>) | | |
| 22. Name and title and Contact details of designated contact person for this project | | |

Annex 3: Brief description of Manufacturers' testing labs

The test labs of the different OEMs had varying capabilities. The best equipped labs have the following characteristics:

- Psychrometric type laboratory in which the air enthalpy test method is used to determine the cooling and heating capacities from measurements of entering and leaving wet-and dry-bulb temperatures and the associated airflow rate;
- Air sampling devices in each room (indoor room, code tester and outdoor room) are used to measure an average temperature. The airflow induced using blower through the tree (photo on left) and insulated duct passing over the temperature instruments (photo on the right) at velocity of 4-5 m/s.



- Air flow measuring apparatus (code tester) is attached to air discharge of UUT by insulated duct. The first section (receiving chamber) delivers air from UUT and contains the static pressure measuring instrument. The air is then mixed by a mixer in next section to measure its temperature by the air sampling device installed inside the code tester.



- Nozzles section, consisting of a receiving chamber and a discharge chamber separated by a partition in which four nozzles are located (see photo below). Air passes through the nozzles and is then exhausted to the test room. The pressure drop across the nozzles is measured using differential pressure transmitter. Air flow rate is calculated according to ISO 5151:2017.



- Voltage stabilizer(photo on left) is used to adjust the applied voltage for UUT, and the Power meter device is used to measure electrical parameters for it like applied voltage, power consumption, current consumption and power factor.



- Most labs are capable of testing up to 5 TR capacity (17.5 kW of cooling) measuring unit working pressure, super-heat, sub-cooling, and various temperature points on the refrigeration cycle;
- Lab consists of two well thermally insulated rooms: indoor room and outdoor room. In both rooms, temperature and humidity can be controlled precisely to achieve the required environment, as per different standards, thru refrigeration units, humidifiers and electric heaters;
- The accuracy of temperature control for dry and wet bulb temperature is 0.01 °C;
- In the indoor room there is a thermal insulated code tester where outlet air dry bulb, wet bulb and volume are measured;
- Wires sensors with accuracy of 0.1 °C are used for measuring surface temperatures at various points;
- Information gathered during the test are monitored on a computer screen;

The table below shows the parameters that are shown on the monitor

Table 25 A3: Typical parameters shown on a testing lab monitoring screen

| |
|-----------------------------|
| Test Screen Display |
| Inlet DB |
| Inlet WB |
| Inlet Enthalpy |
| Outlet DB |
| Outlet WB |
| Outlet Enthalpy |
| Enthalpy Differential |
| Specific Density |
| Air velocity |
| Air volume |
| Standard air volume |
| Atmospheric pressure |
| Differential pressure |
| Heat Loss |
| Total capacity |
| Capacity ratio |
| EER |
| EER ratio |
| COMPRESSOR |
| FM surface temperature |
| high pressure |
| low pressure |
| Super-heat |
| Sub-cooling |
| ADDITIVE TEMP. |
| Accumulator outlet temp |
| Outlet air temperature |
| Evaporator coil sensor temp |
| Compressor inlet |
| O/D Motor surface |
| OUTDOOR UNIT |
| Inlet DB |
| Inlet WB |
| POWER |
| Voltage |
| Current |
| Wattage |
| Power Factor |
| Frequency |

Annex 4: Other Research Programs

Research at High Ambient Temperature

The dedicated research on the performance of refrigerants at High Ambient Temperatures (HAT) was driven by the need to find low-GWP alternative refrigerants that have a better degradation of capacity and efficiency than the commercial HFCs that are replacing HCFCs in the HAT countries. The need to meet higher Minimum Efficiency Performance Standards (MEPS) while phasing out the current production of HCFC-based units was a challenge facing both the local industry in the HAT countries and the global exporters to those markets.

Three research programs were announced and completed in the time period between 2013 and 2016. While the three programs had a common goal in testing the refrigerant alternatives at temperatures higher than the standard T1 testing conditions, they were distinct in their protocols, approach, and the entity who was behind the project.

The PRAHA program mentioned in Chapter 1 is a Multilateral Fund financed project to test custom-built prototypes in four equipment categories that built by manufacturers located in HAT countries and testing them all at one independent lab. The results were compared to base units running with HCFC-22 and R-410A refrigerants.

The AREP (Alternative Refrigerant Evaluation Program) is an industry association program by the Air Conditioning, Heating, and Refrigeration Institute (AHRI) to test various categories of equipment, by various manufacturers, at their own labs by either dropping in the refrigerant or “soft” optimizing the unit.

The Oak Ridge National Laboratory (ORNL) program by the United States Department of Energy (DoE) tested two similar capacity standard units running with HCFC-22 and R-410A and soft optimizing them for the various alternative refrigerants. All tests were carried on at ORNL labs.

A comparison of the three program design criteria and testing protocols is found in table xx below. In the next sections of this chapter is a resume of the test results for the three programs and a comparison of these results.

PRAHA program

Six local Original Equipment Manufacturers (OEMs) built 14 prototypes running with five refrigerant alternatives and shipped 9 other “base units’ operating with HCFC or HFC for direct comparison purposes. Testing was done at 35, 46, and 50 °C ambient temperatures with an “endurance” test at 55 °C ambient to ensure no tripping for two hours when units are run at that temperature. The indoor conditions will be kept the same for all tests; dry bulb temperature of 27 °C and a relative humidity of 50 % as per AHRI test procedures for T1 conditions (35 °C), and 29 °C and 50% for T3 (46 °C and 50 °C) conditions. A memorandum of understanding (MOU) was signed with AHRI (Air-Conditioning, Heating and Refrigerating Institute) for exchanging experience on the testing methodology benefiting of AHRI relevant research project known as AREP.

The project compares the following refrigerants: R-290, HFC-32, R-444B (herein referred to as L-20), R-447A (L-41), and DR-3 to HCFC-22 or R-410A. Prototypes operating with R-290, R-444B, and DR-3 are compared with HCFC-22 as they portray similar characteristics to HCFC-22, while HFC-32, and R-447A are compared with R-410A.

All the prototypes in every category were built to have the same cooling capacity and fit in the same box dimensions as their respective base units, and they were all required to meet the minimum energy efficiency (EER) of 7 at 46 °C. Tests were performed at an independent reputable lab for result consistency; Intertek was selected through competitive bidding. Verification for repeatability was performed to ensure that results are within the acceptable accuracy levels.

Table 26 A4 - Results for PRAHA-I program

| Equipment type | Baseline refrigerant | Refrigerant tested | COP % comp to baseline @ 35 °C | Capacity % comp to baseline @ 35 °C | COP % comp to baseline @ 50 °C | Capacity % comp to baseline @ 50 °C |
|-----------------------------|---|--------------------|--------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| 18,000 Btu/hr. Window Unit | HCFC-22 COP = 3.14 (35 °C), 2.26 (50 °C) for OEM A COP = 2.76 (35 °C), 2.02 (50 °C) for OEM B | L-20 (OEM A) | -11% | 9% | -10% | 7% |
| | | L-20 (OEM B) | -2% | -6% | -5% | -10% |
| | | DR-3 (OEM A) | -9% | 2% | -2% | 1% |
| 24,000 Btu/hr. split system | HCFC-22 COP = 2.75 (35 °C), 1.94 (50 °C) for OEM C COP = 2.52 (35 °C) for OEM D | HC-290 (OEM C) | 4% | 8% | -2% | 5% |
| | | L-20 (OEM D) | -19% | 7% | -76% | -78% |
| | | DR-3 (OEM D) | -27% | -33% | -28% | -31% |
| 24,000 Btu/hr. split system | R-410A COP = 3.52 (35 °C), 2.30 (50 °C) for OEM E COP = 3.08 (35 °C), 2.02 (50 °C) for OEM F | HFC-32 (OEM E) | -1% | 15% | -2% | 16% |
| | | HFC-32 (OEM F) | -9% | 8% | -22% | -1% |
| | | L-41 (OEM E) | -10% | 20% | -7% | 22% |
| 36,000 Btu/hr. Ducted Split | HCFC-22 COP = 2.83 (35 °C), 1.91 (50 °C) for OEM G | L-20 (OEM G) | 0% | -7% | 2% | -5% |
| | | DR-3 (OEM G) | -18% | -25% | -13% | -21% |
| 36,000 Btu/hr. Ducted Split | R-410A COP = 2.79 (35 °C), 1.84 (50 °C) for OEM G | HFC-32 (OEM G) | -1% | -4% | -12% | -18% |
| 90,000 Btu/hr. Rooftop | HCFC-22 COP = 2.95 (35 °C), 2.07 (50 °C) for OEM H | L-20 (OEM H) | 1% | 6% | -3% | 5% |
| | | DR-3 (OEM H) | -3% | -1% | -6% | -4% |

AREP Program

The Alternative Refrigerant Evaluation Program (AREP) by the Air Conditioning, Heating, and Refrigeration Institute (AHRI) tested several refrigerants either as a drop-or in soft optimized units built and tested at various manufacturers who are members of AHRI (AREP 2014). Testing was done in two phases for several applications including refrigeration and at various temperatures.

Table 27 A4 - Results for the AREP program

| Equipment type | Base-line refrigerant | Modifications (test-type) | Refrigerant tested | COP % compared to baseline @ 35 °C | Capacity % compared to baseline @ 35 °C | COP % compared to baseline @ 51.6 °C | Capacity % compared to baseline @ 51.6 °C |
|--|--|--|---------------------------|------------------------------------|---|--------------------------------------|---|
| 36,000 Btu/hr. Split heat pump. AREP report 52(6) | R-410A COP = 3.55 at 35C and 1.87 at 51.6C | Criteria: Drop-in. Matching superheat and sub cooling to base unit. Charge level determined by criteria and held constant for all temperatures tested. | ARM-71A | -1% | -8% | 7% | -3% |
| | | | R-454A (DR-5A) | -1% | -6% | 6% | -1% |
| | | | HPR2A | -4% | -11% | 3% | -4% |
| | | | R-446A (L-41-1) | -2% | -10% | -1% | -3% |
| | | | R447A (L-41-2) | -1% | -7% | -1% | -4% |
| 48,500 Btu/hr. Rooftop AREP report 56(11) | R-410A COP = 3.31 at 35C, 2.00 at 48.9C and 1.80 at 51.6C | Soft optimization. Adjustable expansion device, Variable Frequency drive matching the capacity with base unit. Varying indoor conditions. | DR-55 | 4% | 0% | 3% | 0% |
| | | | HFC-32 | 6% | 1% | NA | NA |
| | | | DR-5A | 5% | 1% | 7% | 3% |
| 72,000 Btu/hr. Rooftop AREP report 55(10) | R-410A COP = 3.57 at 35 C and 2.06 at 51.6C | Soft Optimization. Same superheat and sub cooling as base, changing expansion devise and adjusting charge. Oil is also different. | HFC-32 | 2% | 9% | 10% | 16% |
| 34,000 Btu/hr. split AREP Report 42(5) | R-410A COP = 3.53 at 35C and 1.82 at 51.6C | Tested HFC-32 unit with POE oil and withy prototype oil for the same expansion devise and charge determined by superheat. | HFC-32 with prototype oil | 3% | 7% | 13% | 14% |
| 60,000 Btu/hr. Rooftop AREP reports 47 & 53 (8, 9) | R-410A COP = 3.87 at 35C and 2.07 at 51.6C | Soft optimization. Matching superheat and sub cooling. | L-41-2 | 3% | -7% | 10% | -1% |
| | | | ARM-71A | 3% | -4% | 10% | 2% |
| | | | HPR2A | 1% | -5% | 8% | 1% |
| | | | DR-5A | 1% | -4% | 2% | -3% |
| | | | HFC-32 | -10% | -4% | -9% | -1% |

ORNL Program

The Oak Ridge National Laboratory (ORNL) program consisted of testing alternatives of HCFC-22 and R-410A in two units of the same capacity (Abdelaziz 2015). Testing was done at the ORNL labs at various temperatures. Table below shows the criteria and a comparison of the result.

Table 28 A4 - Results for the ORNL program

| Equipment Type | Lab utilized | Baseline Refrigerant | Equipment Criterion | Refriger. Tested | COP % comp to baseline @ 35 °C | Capacity % comp to baseline @ 35 °C | COP % comp to baseline @ 52 °C | Capacity % comp to baseline @ 52 °C |
|-------------------------------------|--------------|--|--|------------------|--------------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|
| 18,000 Btu/hr. Split unit (Carrier) | ORNL | HCFC-22 COP = 3.07 at 35 °C and 1.98 at 52 °C | Same machine to test all refrigerants. Criteria: matching superheat and sub cooling to base unit. Changing expansion devise. Charge level optimized at 35C | N-20B | -13% | -14% | -11% | -15% |
| | | | | DR-3 | -16% | -12% | -14% | -12% |
| | | | | ARM-20B | -12% | -3% | -11% | -3% |
| | | | | R-444B (L-20A) | -11% | -9% | -7% | -4% |
| | | | | HC-290 | 7% | -8% | 7% | -4% |
| 18,000 Btu/hr. split unit (Carrier) | ORNL | R-410A COP = 3.4 at 35 °C and 2.07 at 52 °C | Same machine to test all refrigerants. Criteria: matching superheat and sub cooling to base unit. Changing expansion devise. Charge level optimized at 35C | HFC-32 | 4% | 5% | 5% | 11% |
| | | | | DR-55 | 3% | -3% | 3% | 0% |
| | | | | R-447A (L-41) | -5% | -14% | 3% | -6% |
| | | | | ARM-71a | -1% | -8% | 2% | -4% |
| | | | | HPR-2A | -2% | -9% | 5% | -1% |