

**DIRECTIVES POUR UN MODÈLE DE RÉGLEMENTATION
—
INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES**

SEPTEMBRE 2019

DES CLIMATISEURS ÉCOÉNERGÉTIQUES ET RESPECTUEUX DU CLIMAT



Remerciements

Les principaux auteurs, Brian Holuj de l'initiative United for Efficiency du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), Won Young Park et Nihar Shah du Lawrence Berkeley National Laboratory (LBNL), ainsi que Noah Horowitz et Alex Hillbrand du Conseil de défense des ressources naturelles souhaitent remercier Whirpool et Daikin pour leur aide à la traduction en français et les personnes suivantes pour leur précieuse contribution en tant qu'examineurs :

Rashid Ali Abdallah Commission de l'Energie Africaine

Atef Marzouk Commission de l'Union Africaine - Division de l'Energie

Tolga Apaydin Arçelik A.Ş.

Jochen Härten BSH Home Appliances

Marcello Padilla Ministère de l'Énergie du Chili

Li Pengcheng Institut National Chinois de Normalisation

Marie Baton CLASP

Naomi Wagura CLASP

Philipp Munzinger GIZ

Miriam Frisch GIZ

Fred Ishugah Centre d'Excellence Est-Africain pour les Energies Renouvelables et l'Efficacité Energétique

Michael Kiza Centre d'Excellence Est-Africain pour les Energies Renouvelables et l'Efficacité Energétique

Charles Diarra Centre pour les Energies Renouvelables et l'Efficacité Energétique de la Communauté Economique des États de l'Afrique de l'Ouest (CEDEAO)

Viktor Sundberg Electrolux

S.P. Garnaik Energy Efficiency Services Limited

Han Wei Energy Foundation China

Antoine Durand Institut Fraunhofer pour la Recherche sur les Systèmes et l'Innovation

Nora Steurer Alliance Mondiale pour les Bâtiments et la Construction

Miquel Pitarch HEAT

Anett Matbadal Consultante indépendante

James Wolf Consultant indépendant

Frank Gao Association Internationale du Cuivre

Hal Stillman Association Internationale du Cuivre

Kerry Song Association internationale du Cuivre

Kevin Lane Agence Internationale de l'Energie

John Dulac Agence Internationale de l'Energie

Chiara Delmastro Agence Internationale de l'Energie

Sommai Phon-Amnuaisuk Institut International pour la Conservation de l'Energie

Didier Coulomb Institut International du Froid

Gabrielle Dreyfus Programme de Kigali pour l'Efficacité des Dispositifs de Refroidissement

Dae Hoon Kim Centre Coréen d'Evaluation de la Réfrigération et de la Climatisation

Hee Jeong Kang Centre Coréen d'Evaluation de la Réfrigération et de la Climatisation

Jinho Yoo Centre Coréen d'Evaluation de la Réfrigération et de la Climatisation

Jun Young Choi Korea Testing Laboratory

Virginie Letschert, LBNL

Hyunho Choi LG Electronics

Durca Pathmanathan Daikin

Juan Rosales Mabe

Fabio García Organisation Latino-Américaine de l'Energie (Organización Latinoamericana de Energía, OLADE)

Jaime Guillén Organisation Latino-Américaine de l'Energie (OLADE)

Asad Mahmood Autorité Nationale Pakistanaise pour la Conservation de l'Energie et l'Efficacité énergétique

Sara Ibrahim Centre Régional pour l'Energie Renouvelable et l'Efficacité Energétique

Maged Mahmoud Centre Régional pour l'Energie Renouvelable et l'Efficacité Energétique

Kudakwashe Ndhlukula Centre pour les Energies Renouvelables et l'Efficacité Energétique de la Communauté de Développement d'Afrique Australe (CDAA)

Eunsung Kwon Samsung Electronics

Yongsik Cho Samsung Electronics

Li Jiong Sanhua Holding Group

Lin-Jie Huang Sanhua Holding Group

Ousmane Sy Association Sénégalaise des Ingénieurs et Techniciens du Froid

Stephen Cowperthwaite Département Britannique de l'Environnement, de l'Alimentation et des Affaires Rurales

Helena Rey De Assis Tourisme Durable du PNUE

Madeleine Edl U4E du PNUE

Marco Duran U4E du PNUE

Patrick Blake U4E du PNUE

Paul Kellett U4E du PNUE

Souhir Hammami U4E du PNUE

Eric Antwi-Agyei U4E du PNUE - Initiative de la CEDEAO pour les Réfrigérateurs et les Climatiseurs

Morris Kayitare U4E du PNUE - Initiative Rwandaise pour le Refroidissement

Toby Peters Université de Birmingham

Paul Waide Waide Strategic Efficiency

Marco Spuri Whirlpool

Ashok Sarkar Groupe de la Banque mondiale

Omar Abdelaziz Cité de la Science et de la Technologie Zewail

Avant-propos

Ce document contextualise les raisons qui sous-tendent les directives pour le modèle de réglementation pour les climatiseurs respectueux du climat et écoénergétiques. Il explique brièvement le domaine d'application, les catégories de produits, ainsi que les tendances du marché et des politiques concernant l'efficacité énergétique et les fluides frigorigènes. Les directives pour le modèle de réglementation font référence à des normes internationales couramment utilisées telles qu'ISO 16358 et ISO 5151 de l'Organisation internationale de normalisation pour les essais et les indicateurs d'efficacité saisonniers. Les pays doivent connaître ces normes ou bien d'autres approches qu'ils ont l'intention d'adopter pour leurs cadres réglementaires.

Les climatiseurs consomment une quantité considérable d'électricité dans des conditions normales d'utilisation, ce qui représente une occasion importante d'améliorer de façon rentable l'efficacité énergétique et la transition vers des fluides frigorigènes à plus faible potentiel de réchauffement planétaire (PRP). United for Efficiency (U4E) a réalisé des évaluations des économies (mises à jour à partir de septembre 2019) pour 150 pays émergents et en développement, qui prévoient des économies annuelles d'électricité, des réductions des émissions de gaz à effet de serre (GES), ainsi que des économies sur les factures d'électricité des consommateurs si les pays adoptent les directives pour le modèle de réglementation. Le tableau ci-dessous s'appuie sur les évaluations pour fournir des exemples des impacts annuels estimés en 2030 si tous les pays des régions étudiées se conformaient aux exigences minimales proposées concernant l'efficacité énergétique et les fluides frigorigènes. Différents groupements de pays, au-delà de la liste simplifiée ci-dessous, peuvent être pris en considération en passant en revue l'ensemble des évaluations des économies par pays.

Économies annuelles estimées à partir de 2030, selon le scénario d'ambition minimale (NPEM)				
Région	Électricité (TWh)	Centrales électriques (500 MW chacune)	CO2 (en millions de tonnes)	Financier - Facture d'électricité (en millions d'USD)
Afrique	30,3	14	20	2 710,4
Amérique centrale	4,4	2	3	518,5
Asie du Sud-Est ¹	76,7	35	52,8	8 301,7
Asie de l'Ouest ²	34,2	16	28,3	2 466,2

Bien que l'ombre, la ventilation naturelle, l'isolation, les revêtements réfléchissants et d'autres approches conceptuelles et opérationnelles devraient être utilisées pour réduire les températures intérieures et améliorer le confort, les climatiseurs restent essentiels dans de nombreuses applications. Pendant les jours de chaleur dans les pays ayant un climat chaud, la climatisation peut représenter plus de la moitié de la charge sur le réseau électrique. Ce pic, qui est souvent atteint en faisant fonctionner des centrales électriques à combustibles fossiles supplémentaires, fait grimper les coûts, compromet la stabilité du réseau et accroît la pollution. Par conséquent, il est conseillé aux pays d'adopter les NPEM et l'étiquetage obligatoires définis dans les directives pour le modèle de réglementation, en plus de réduire les apports thermiques.

¹ Brunei, Cambodge, Indonésie, Laos, Malaisie, Myanmar, Philippines, Singapour, Thaïlande, Timor oriental, Vietnam.

² Arménie, Azerbaïdjan, Bahreïn, Géorgie, Irak, Israël, Jordanie, Koweït, Liban, Oman, Palestine, Qatar, Arabie Saoudite, Syrie, Turquie, Émirats arabes unis, Yémen.

Avertissement

Les appellations employées et la présentation du contenu de cette publication n'impliquent l'expression d'aucune opinion de la part du Programme des Nations Unies pour l'environnement quant au statut juridique des pays, territoires, villes, régions, ou de leurs autorités, ni quant au tracé de leurs frontières ou limites. De plus, les avis exprimés ne représentent pas nécessairement la décision ou la politique défendue par le Programme des Nations Unies pour l'environnement, de même que la mention de marques de fabrique ou de procédés commerciaux ne constitue pas une approbation de notre part.

Les informations contenues dans cette publication peuvent être modifiées sans préavis. Bien que les auteurs aient pris soin d'obtenir ces informations de sources fiables, le Programme des Nations Unies pour l'environnement ne saurait être tenu responsable de toute erreur, omission ou résultat obtenu à la suite de l'utilisation de ces informations. Toutes les informations sont fournies telles quelles, sans aucune garantie quant à leur intégralité, leur exactitude, leur actualité ou aux résultats obtenus à la suite de leur utilisation, et sans aucune garantie de quelque sorte que ce soit, expresse ou tacite, quant à la performance, la qualité marchande ou la convenance à un usage particulier.

En aucun cas, le Programme des Nations Unies pour l'environnement, ses sociétés associées, contributeurs, ou les partenaires, agents ou leurs employés respectifs, ne pourront être tenus responsables envers vous ou d'autres, de tout acte ou comportement lié ou en rapport avec les informations présentées. Cet avertissement s'applique à tout dommage ou préjudice et, en aucun cas, le Programme des Nations Unies pour l'environnement ne sera tenu responsable envers vous de tout dommage indirect, consécutif, exemplaire, accessoire ou punitif, y compris le manque à gagner, même si nous avons été informés de la probabilité de tels dommages.

Pour en savoir plus, veuillez joindre :

**United Nations Environment Programme –
United for Efficiency initiative**
Economy Division
Energy, Climate, and Technology Branch
1 Rue Miollis, Bâtiment VII
75015, Paris
FRANCE
Tél. : +33 (0)1 44 37 14 50
Télécopie : +33 (0)1 44 37 14 74
E-mail : u4e@un.org
<http://united4efficiency.org/>

Table des matières

Remerciements	1
Avant-propos	3
Avertissement.....	4
1. Champ d'application des directives pour le modèle de réglementation et catégories de produits	8
2. Exemples d'exigences de performance de l'efficacité énergétique	10
3. Comparaison des directives pour Le modèle de réglementation	13
4. Disponibilité sur le marché et reconnaissance des systèmes de climatisation écoénergétiques	18
5. Développer le nombre d'heures par tranche de température extérieure pour l'utilisation des climatiseurs.....	21
6. Classer la performance des climatiseurs en indicateurs régionaux	23
7. Prise en compte de la disponibilité et du coût des produits	26
8. Limite de la taille de la charge pour les frigorigènes inflammables (A3).....	28
Références	30

Liste des tableaux

Tableau 1 :	Catégories de produits par CR (en kW) prises en compte dans Le modèle de réglementation et les normes régionales	9
Tableau 2 :	Seuils chinois des catégories d'étiquetage de l'efficacité énergétique pour les climatiseurs à vitesse fixe	10
Tableau 3 :	Seuils chinois des catégories d'étiquetage de l'efficacité énergétique pour les climatiseurs à vitesse variable	10
Tableau 4 :	Nouveaux seuils chinois des catégories d'efficacité pour les climatiseurs, de la fin de l'année 2019 jusqu'en 2022	12
Tableau 5 :	Exigences minimales de le modèle de réglementation pour les climatiseurs avec fonction de refroidissement uniquement	14
Tableau 6 :	Exigences minimales de le modèle de réglementation pour les pompes à chaleur réversibles	15
Tableau 7 :	Climatiseurs les plus efficaces dans certaines économies	20
Tableau 8 :	Résumé des spécifications de trois modèles de climatiseurs	25
Tableau 9 :	Limites de la taille de la charge de frigorigène pour les normes de sécurité des HC, pour les climatiseurs et les pompes à chaleur	28
Tableau 10 :	Exemples d'alternatives à faible PRP pour les climatiseurs fixes	29

Liste des Figures

Figure 1 :	Part de marché des climatiseurs par technologie et fluide frigorigène en 2017	11
Figure 2 :	Amélioration des N PEM et de l'étiquetage des climatiseurs chinois	13
Figure 3 :	Comparaison des N PEM des climatiseurs dans certaines économies	17
Figure 4 :	Efficacité en COPSR ISO estimée pour les climatiseurs à EVV disponibles dans certaines économies	18
Figure 5 :	Efficacité des modèles les plus efficaces par rapport aux N PEM ou à l'étiquetage les moins efficaces	19
Figure 6 :	Comparaison des catégories Efficacité élevée et Faible efficacité des directives pour le modèle de réglementation, des normes régionales et des MTD	21
Figure 7 :	Distributions de la température extérieure des régions climatiques chaudes à assez chaudes (OA à 3C)	22
Figure 8 :	Nombre d'heures par tranche de température extérieure annuelles (marron) et nombre d'heures par tranche de température supposée pour l'utilisation de climatiseurs dans les régions climatiques OA (bleu).....	22
Figure 9 :	Relation entre le COPA chinois (issu de la norme GB 21455-2013) et le COPA ISO avec le nombre d'heures par tranche de température 2A	24
Figure 10 :	Résultats du calcul de l'ESET pour trois modèles de climatiseurs.....	26
Figure 11 :	Prix vs efficacité des climatiseurs de 1 TF et de 2 TF en Chine et en Inde.....	27

Acronymes

AC	Climatiseur	HC	Hydrocarbures
ASHRAE	Société américaine des ingénieurs en chauffage, réfrigération et climatisation (American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers)	HCFC	Hydrochlorofluorocarbures
		HFC	Hydrofluorocarbures
		HFO	Hydrofluoroléfine
		ISO	Organisation internationale de normalisation (International Organization for Standardization)
CARICOM	Communauté caribéenne		
COP	Coefficient de performance	LBNL	Lawrence Berkeley National Laboratory
COPP	Coefficient de performance pondéré		
EER	Coefficient d'efficacité énergétique	MTD	Meilleure technologie disponible
		N&E	Normes et étiquetage
CEI	Commission électrotechnique internationale	N PEm	Normes de performance énergétique minimales
CNY	Yuan	NOM	Norme officielle mexicaine
CO2e	Équivalent CO ₂	PRP	Potentiel de réchauffement planétaire
COPA	Coefficient de performance annuel	REEE	Relación de Eficiencia Energética Estacional (SEER du Mexique)
COPSR	Coefficient de performance saisonnier pour le refroidissement	SASO	Organisation saoudienne de normalisation, métrologie et qualité (Saudi Standards, Metrology and Quality Organization)
CR	Capacité de refroidissement		
DRV	Débit de réfrigérant variable	TF	Tonne frigorifique
É.-U.	États-Unis	SEER	Taux de rendement énergétique saisonnier
EN	Norme européenne		
ESET	Effet de serre équivalent total	ISEER	Taux de rendement énergétique saisonnier indien
EVF	Entraînement à vitesse fixe		
EVV	Entraînement à vitesse variable	RSEER	SEER du Rwanda
FDV	Fin de vie	U4E	United for Efficiency
GB	Guobiao (Institut national chinois de normalisation)	UE	Union européenne
GES	Gaz à effet de serre	USD	Dollars américain
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat		

1. Champ d'application des directives pour le modèle de réglementation et catégories de produits

La majorité des systèmes de climatisation pour une utilisation résidentielle ou petites applications commerciales ont une capacité de refroidissement (CR) pouvant aller jusqu'à 10,5 kW, soit l'équivalent de trois tonnes frigorifiques (TF).³ Le champ d'application des normes d'efficacité énergétique pour ces systèmes de climatisation varie d'une région à l'autre, par exemple :

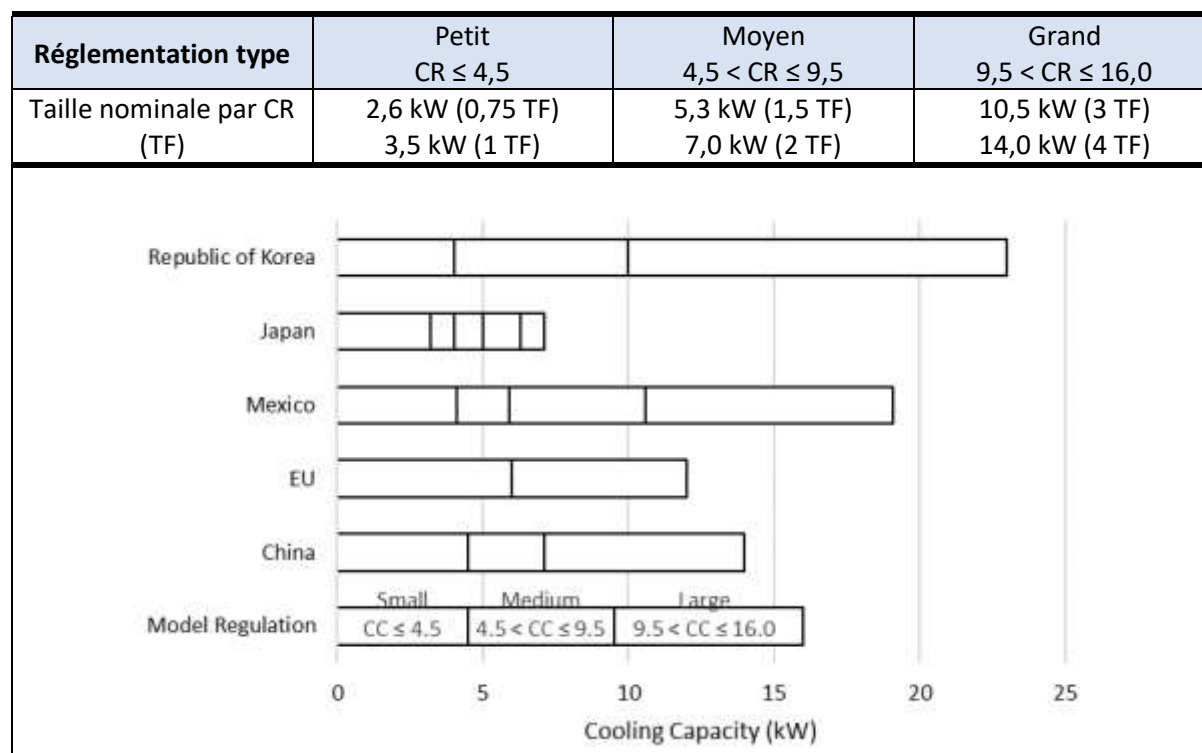
- Japon : jusqu'à 7,1 kW (2 TF)
- Inde : jusqu'à 11 kW (3 TF)
- Union européenne (UE) : jusqu'à 12 kW (3,4 TF)
- Chine : jusqu'à 14 kW (4 TF)
- Mexique : jusqu'à 19 kW (5,4 TF)
- Arabie saoudite : jusqu'à 20,5 kW (5,8 TF)
- République de Corée⁴ : jusqu'à 23 kW (6,6 TF)

Ce modèle de réglementation fixe une limite supérieure de 4,5 TF (16 kW) pour couvrir la majorité des systèmes de climatisation, y compris les pompes à chaleur, pour une utilisation résidentielle et petites applications commerciales. Étant donné que la Chine représente environ 40 % des ventes mondiales de climatiseurs et 70 % de la production mondiale de climatiseurs (Agence internationale de l'énergie 2019 ; ChinaIOL 2018 ; Association industrielle japonaise pour la réfrigération et la climatisation [JRAIA] 2018a), les directives pour le modèle de réglementation catégorisent les systèmes de climatisation par CR, d'une façon similaire au programme chinois de normes et d'étiquetage (N&E). L'objectif est de minimiser la confusion en fixant des valeurs nominales en kW et TF (p. ex. 3,5 kW/1 TF, 7,0 kW/2 TF et 10,5 kW/3 TF) à inclure dans chaque catégorie, mais pas comme seuils (Tableau 1).

³ Les TF indiquent la CR nominale de l'équipement, où 1 TF = 12 000 BTU/h = 3,52 kW.

⁴ Aussi appelée Corée du Sud.

Tableau 1 : Catégories de produits par CR (en kW) prises en compte dans Le modèle de réglementation et les normes régionales



Remarque : les économies sélectionnées fixent différentes exigences en matière de N&E par CR.

Les appareils de climatisation pour une utilisation résidentielle et petites applications commerciales sont généralement catégorisés par type (p. ex. split/monobloc, refroidissement uniquement/réversible et vitesse fixe/vitesse variable) et par taille selon la CR. Certains pays, comme le Brésil, l'Inde, l'Indonésie et les États-Unis, ne différencient pas les exigences de N&E par CR ; c'est-à-dire que ces exigences ne diminuent pas à mesure que la CR augmente. Cependant, d'autres pays, comme la Chine, l'UE, le Japon, le Mexique et la Corée du Sud, fixent différentes exigences de N&E en fonction de la CR, car l'efficacité énergétique des compresseurs (p.ex., les compresseurs rotatifs) a tendance à diminuer à mesure que la taille (CR) augmente.

Les principaux fabricants de climatiseurs optimisent généralement l'efficacité des compresseurs en profitant du fait que les compresseurs à vitesse variable⁵ peuvent fonctionner avec une grande plage de fréquences (Park, Shah et Gerke, 2017). Les climatiseurs les plus efficaces sont généralement petits, surtout en ce qui concerne les modèles produisant 0,75 TF (CR de 2,5 à 2,6 kW), sauf en Inde, où le modèle le plus efficace produit 1 TF, et en Corée du Sud, où le modèle le plus efficace produit 2 TF (Park, Shah et Gerke, 2017).

⁵ Les compresseurs à vitesse variable sont également appelés « compresseurs inverser ».

2. Exemples d'exigences de performance de l'efficacité énergétique

Les normes de performance énergétique minimales (N PEM) actuelles dans de nombreuses économies émergentes et en développement comme le Brésil, l'Inde, l'Indonésie, le Mexique et l'Afrique du Sud sont dans une plage équivalente à un EER de 3,00 à 3,20 W/W, similaire aux N PEM chinoises pour les unités à vitesse fixe qui sont en vigueur depuis 2010. La Chine classe en deux catégories les climatiseurs split : vitesse fixe et vitesse variable, avec différents N PEM et seuils d'étiquetage de l'efficacité énergétique obligatoires fixés pour chaque catégorie de produits, conformément à des normes différentes. La Chine évalue également l'efficacité énergétique des climatiseurs à vitesse fixe à l'aide du EER. Les indicateurs d'efficacité chinois pour les climatiseurs à vitesse variable sont un SEER pour les produits avec fonction de refroidissement uniquement et un COPA pour les pompes à chaleur réversibles. Le Tableau 2 présente les catégories d'efficacité énergétique chinoises pour les climatiseurs à vitesse fixe, en EER. Le Tableau 3 présente les catégories de climatiseurs à vitesse variable en SEER et COPA.

Tableau 2 : Seuils chinois des catégories d'étiquetage de l'efficacité énergétique pour les climatiseurs à vitesse fixe

Type	CR	Catégorie 1	Catégorie 2	Catégorie 3
Split (EER)	$CR \leq 4,5 \text{ kW}$	3,60	3,40	3,20
	$4,5 \text{ kW} < CR \leq 7,1 \text{ kW}$	3,50	3,30	3,10
	$7,1 \text{ kW} < CR \leq 14,0 \text{ kW}$	3,40	3,20	3,00

Source: Park, Shah et Gerke (2017)

Tableau 3 : Seuils chinois des catégories d'étiquetage de l'efficacité énergétique pour les climatiseurs à vitesse variable

Type	CR	Catégorie 1	Catégorie 2	Catégorie 3
Split, Refroidissement uniquement (SEER)	$CR \leq 4,5 \text{ kW}$	5,40	5,00	4,30
	$4,5 \text{ kW} < CR \leq 7,1 \text{ kW}$	5,10	4,40	3,90
	$7,1 \text{ kW} < CR \leq 14,0 \text{ kW}$	4,70	4,00	3,50
Split, Réversible (COPA)	$CR \leq 4,5 \text{ kW}$	4,50	4,00	3,50
	$4,5 \text{ kW} < CR \leq 7,1 \text{ kW}$	4,00	3,50	3,30
	$7,1 \text{ kW} < CR \leq 14,0 \text{ kW}$	3,70	3,30	3,10

Source: Park, Shah et Gerke (2017)

La part des climatiseurs à vitesse variable vendus en Chine est passée de 10-18 % en 2010 à 58-65 % en 2018 (ChinaIOL 2018 ; JRAIA 2018b). Les pompes à chaleur réversibles sont les produits les plus répandus parmi les unités à vitesse variable vendues sur le marché. La transition de la Chine vers les unités à vitesse variable fait partie d'une tendance mondiale alimentée par les progrès réalisés en matière d'informatique et de fabrication de semi-conducteurs, qui ont permis de réduire les coûts, mais aussi par l'adoption d'indicateurs d'efficacité saisonniers. En 2017, près de 100 % des climatiseurs de presque toutes les

catégories vendues en Amérique du Nord, en Europe et au Japon étaient équipés de compresseurs à vitesse variable qui utilisent des fluides frigorigènes contenant des hydrofluorocarbures (HFC).

La pénétration des produits à vitesse variable dans les économies en développement et émergentes est, en général, encore faible. La plupart des produits dans les économies en développement sont des unités à vitesse fixe qui utilisent des frigorigènes contenant des hydrochlorofluorocarbures (HCFC) et ont des coûts initiaux bas, mais sont relativement inefficaces (JRAIA 2018b) ; voir Figure 1. Cependant, au Brésil, en Inde et en Afrique du Sud, la part des unités à vitesse variable dans les ventes de produits neufs a augmenté pour atteindre 30 à 60 % des marchés à partir de 2018 (Réunion du comité technique, 2019 ; Programme des Nations Unies pour le développement, 2019 ; Programme de Kigali pour l'efficacité des dispositifs de refroidissement, 2019).

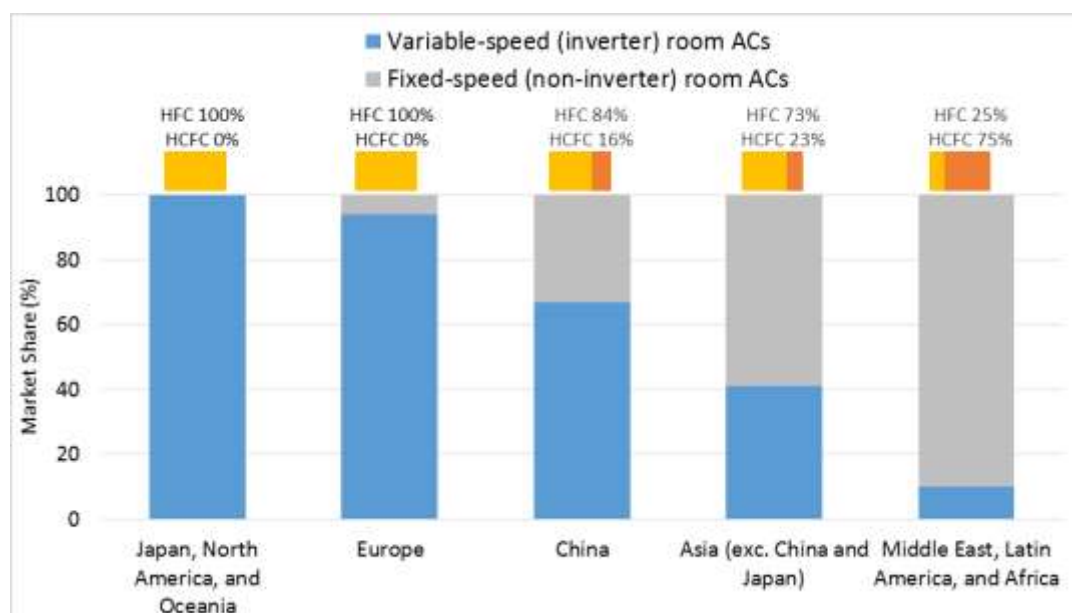


Figure 1 : Part de marché des climatiseurs par technologie et fluide frigorigène en 2017

Source : Park (2019)

HCFC = Hydrochlorofluorocarbures, HFC = Hydrofluorocarbures

Remarque : l'efficacité énergétique des technologies des climatiseurs continue de s'améliorer grâce aux progrès de la recherche, du développement et des processus de fabrication.

La Chine révisé actuellement ses N PEM et son étiquetage au moment de la rédaction du présent document. La phase I de la norme proposée inclut cinq catégories couvrant à la fois les climatiseurs à vitesse fixe et ceux à vitesse variable ; la catégorie 5 étant le seuil pour les unités à vitesse fixe et la catégorie 3 celui pour les unités à vitesse variable (Tableau 4). La phase I devrait être effective entre la fin de l'année 2019 et 2021. Elle devrait ensuite être revue en 2022 avec la Phase II, la catégorie 3 étant le seuil pour les deux types (Institut national chinois de normalisation, 2019). On estime que les N PEM proposées pour 2022

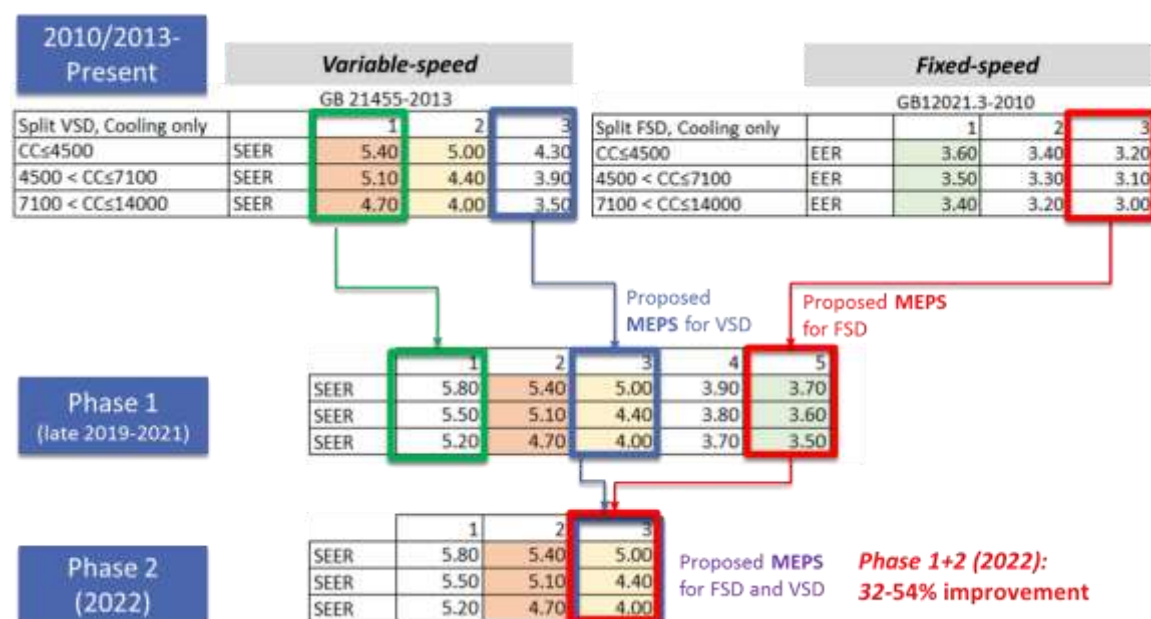
devraient être entre 32 et 54 % plus contraignantes que celles de 2010 pour les unités à vitesse fixe en SEER chinois (Figure 2).

Tableau 4 : Nouveaux seuils chinois des catégories d'efficacité pour les climatiseurs, de la fin de l'année 2019 jusqu'en 2022

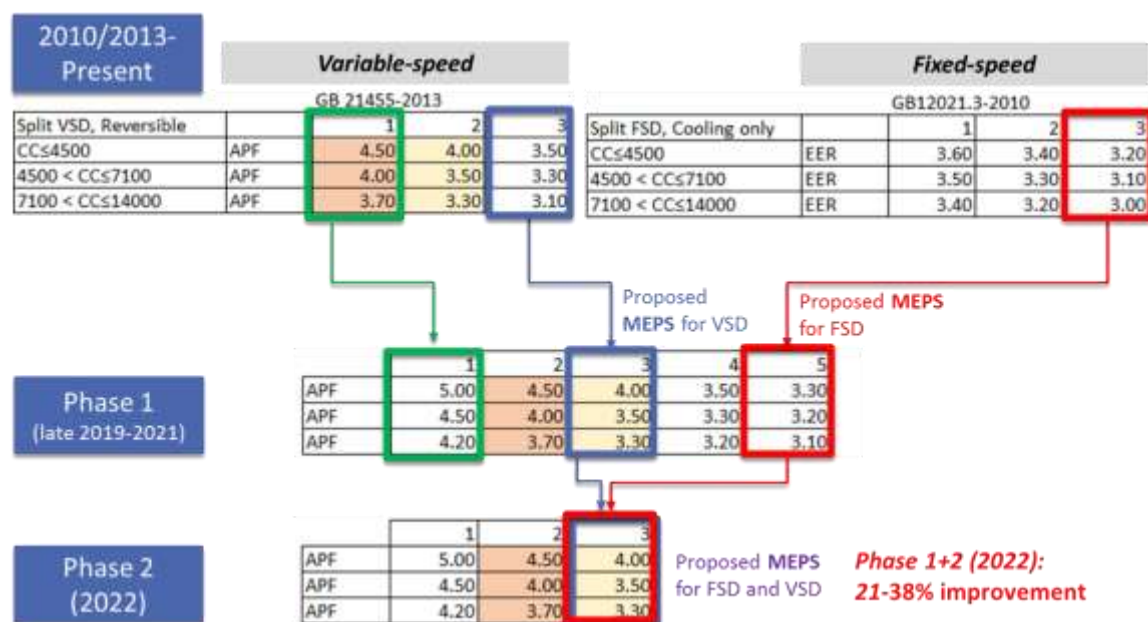
Type	CR	Catégorie 1	Catégorie 2	Catégorie 3	Catégorie 4	Catégorie 5
Split, Refroidissement uniquement (SEER)	CR ≤ 4,5 kW 4,5 kW < CR ≤ 7,1 kW 7,1 kW < CR ≤ 14,0 kW	5,80 5,50 5,20	5,40 5,10 4,70	5,00 4,40 4,00	3,90 3,80 3,70	3,70 3,60 3,50
Split, Réversible (COPA)	CR ≤ 4,5 kW 4,5 kW < CR ≤ 7,1 kW 7,1 kW < CR ≤ 14,0 kW	5,00 4,50 4,20	4,50 4,00 3,70	4,00 3,50 3,30	3,50 3,30 3,20	3,30 3,20 3,10

Source : Institut national chinois de normalisation (2019)

Remarque : les catégories 5 et 3 deviennent les seuils des exigences minimales pour les unités à vitesse fixe et celles à vitesse variable dans la phase I (fin 2019-2021) respectivement. La catégorie 3 devient le seuil des exigences minimales pour les deux types en 2022.



(a) Climatiseurs avec fonction de refroidissement uniquement



(b) Pompes à chaleur réversibles

Figure 2 : Amélioration des N PEM et de l'étiquetage des climatiseurs chinois

Source : Analyse du Lawrence Berkeley National Laboratory [LBNL]

CR en watts

EVF = Entraînement à vitesse fixe, EVV = Entraînement à vitesse variable

Remarque : les exigences révisées concernant les N PEM et l'étiquetage dans les phases 1 et 2 s'appliquent aux climatiseurs split et de fenêtre.

3. Comparaison des directives pour Le modèle de réglementation

Les directives pour le modèle de réglementation suggèrent que les exigences soient en adéquation avec la transition du marché sur les améliorations de la technologie et des politiques que la Chine et d'autres économies émergentes majeures devraient apporter. Le Tableau 5 et le Tableau 6 présentent les exigences minimales des directives pour le modèle de réglementation (catégorie Efficacité faible) en COPSR ISO et en COPA avec les N PEM chinoises de 2022 comparables pour les climatiseurs et les pompes à chaleur. La Figure 3 montre une comparaison des exigences minimales des directives pour le modèle de réglementation (catégorie Efficacité faible) pour les climatiseurs dans certaines économies.

Tableau 5 : Exigences minimales de le modèle de réglementation pour les climatiseurs avec fonction de refroidissement uniquement

	SEER Chinois	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3
		COPSR ISO ^a (climats 0A/1A/2A/3A/2B/3B/3 C)	COPSR ISO ^b (climats 0B/1B)	COPSR ISO ^c (climats 4A/5A/6A/4B/5B/6B/7/ 8)
$CR \leq 4,5 \text{ kW}$	5,00	6,10 (4,90-6,00)	5,00 (4,60-4,70)	5,30 (4,70-6,70)
$4,5 \text{ kW} < CR \leq 9,5 \text{ kW}$	4,40	5,10 (4,30-5,10)	4,30 (4,00-4,10)	4,60 (4,20-5,10)
$9,5 \text{ kW} < CR \leq 16,0 \text{ kW}$	4,00	4,50 (4,00-4,50)	3,80 (3,70)	4,10 (3,90-4,50)

COPSR = Coefficient de performance saisonnier pour le refroidissement

a Le COPSR ISO du groupe 1 est calculé d'après la norme ISO 16358-1:2013 et le nombre d'heures par tranche de température de référence.

b Le COPSR ISO du groupe 2 est calculé d'après la norme ISO 16358-1:2013/Amd 1:2019 et le nombre d'heures par tranche de température de référence.

c Le COPSR ISO du groupe 3 est calculé d'après la norme ISO 16358-1:2013 et le nombre d'heures par tranche de température du groupe 3 dans les directives pour le modèle de réglementation de l'U4E.

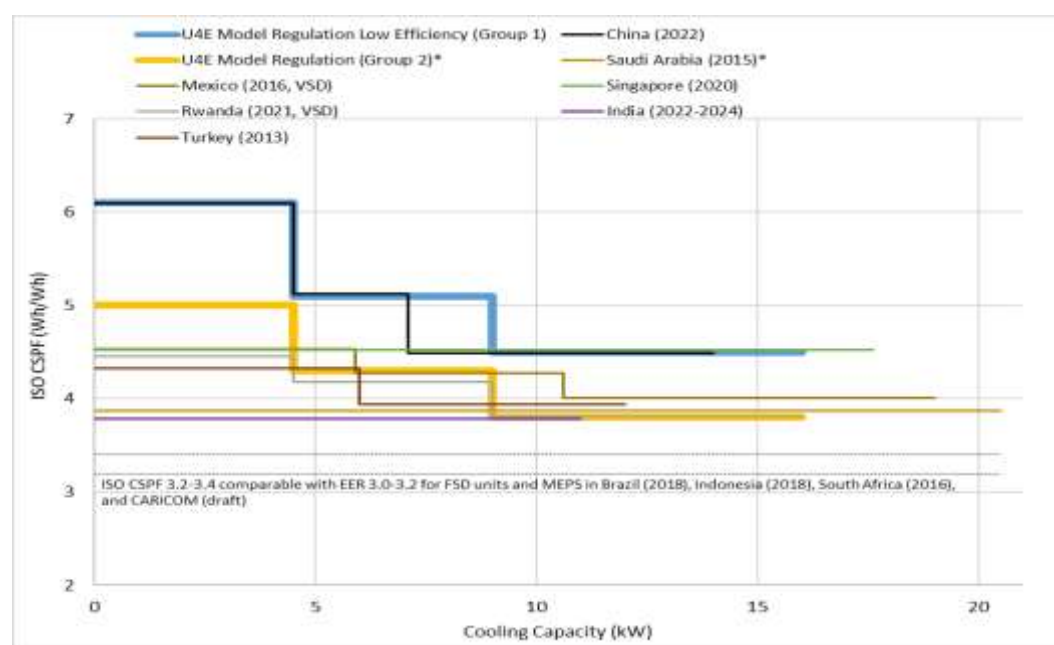
Tableau 6 : Exigences minimales de le modèle de réglementation pour les pompes à chaleur réversibles

	COPA chinois	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3
		COPA ISO ^a (climats 1A/2A/3A/2B/3B/3C)	COPA ISO ^b (climats 0B/1B)	COPA ISO ^c (climats 4A/5A/6A/4B/5B/6B/7/8)
CR ≤ 4,5 kW	4,00	5,00 (4,40-5,20)	4,00 (3,90-4,00)	3,10 (3,10-3,60)
4,5 kW < CR ≤ 9,5 kW	3,50	4,00 (3,70-4,10)	3,60 (3,50-3,60)	2,50 (2,50-3,00)
9,5 kW < CR ≤ 16,0 kW	3,30	3,60 (3,40-3,60)	3,40 (3,30-3,40)	2,30 (2,30-2,80)

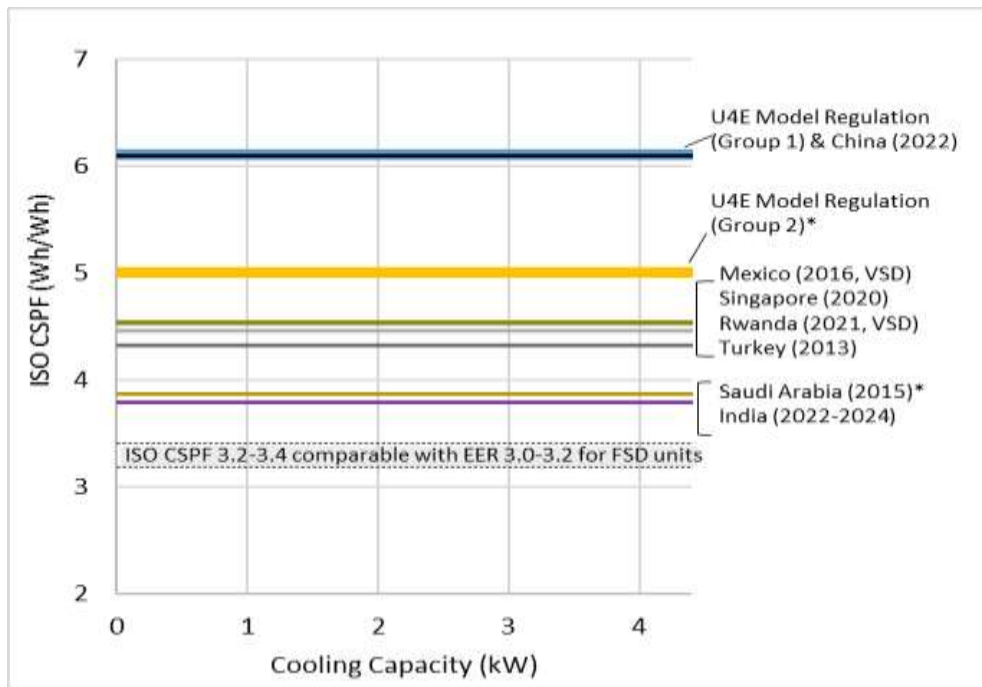
a Le COPA ISO du groupe 1 est calculé d'après les normes ISO 16358-1:2013 et 16358-2:2013, et le nombre d'heures par tranche de température de référence (refroidissement et chauffage).

b Le COPA ISO du groupe 2 est calculé d'après les normes ISO 16358-1:2013/Amd 1:2019 et 16358-2:2013, et le nombre d'heures par tranche de température de référence (refroidissement et chauffage).

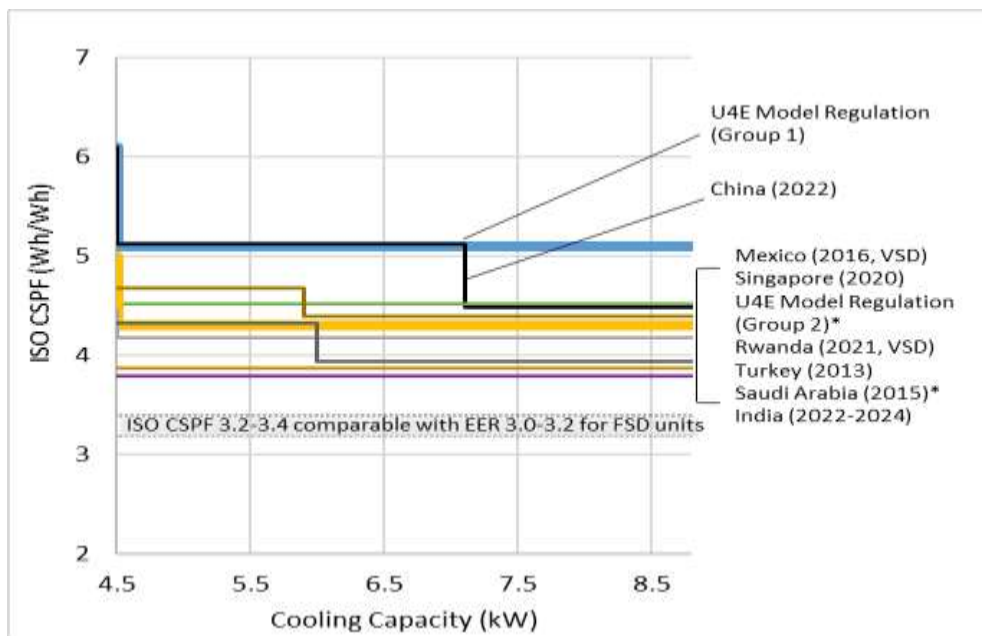
c Le COPA ISO du groupe 3 est calculé d'après les normes ISO 16358-1:2013 et 16358-2:2013, et le nombre d'heures par tranche de température du groupe 3 dans les directives pour le modèle de réglementation de UAE.



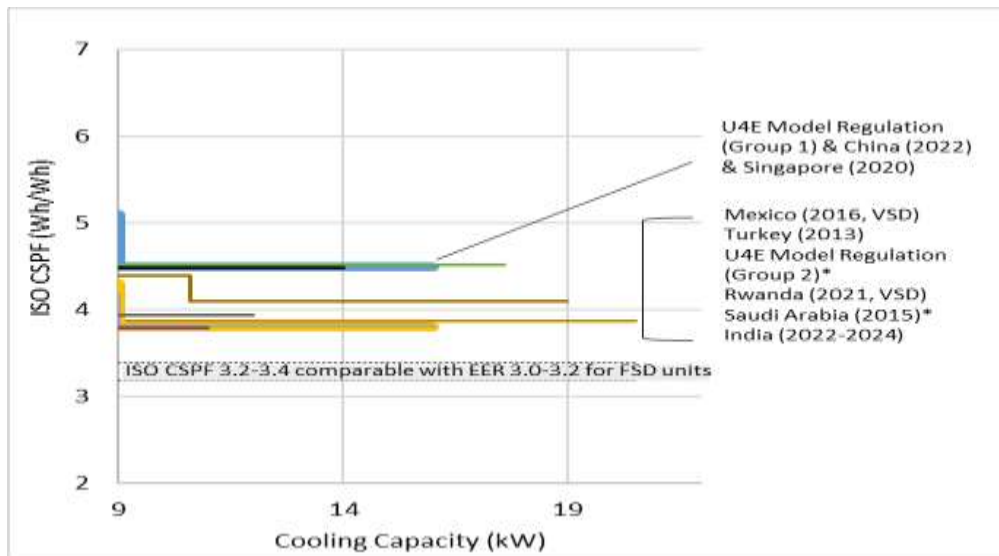
(a) Capacité de tous les appareils



(b) Capacité des petits appareils



(c) Capacité des appareils moyens



(d) Capacité des grands appareils

Figure 3 : Comparaison des N PEM des climatiseurs dans certaines économies

Source : A nalyse de LBNL

CARICOM = Communauté caribéenne ; ISEER = Taux de rendement énergétique saisonnier indien, SEER indien ; REEE = Relación de Eficiencia Energética Estacional, SEER mexicain ; COPP = Coefficient de performance pondéré

Remarques : les astérisques indiquent le COPSR ISO conformément à la norme ISO 16358-1:2013/Amd 1:2019 d'après les conditions de classification de la CR standard T3 pour les climats chauds à une température extérieure sèche de 46 °C (114,8 °F), et d'après les conditions de classification de la CR standard T1 pour les climats tempérés à une température extérieure sèche de 35 °C (95 °F).

Arabie saoudite : COPSR ISO (T3) estimé à partir du EER 3,37 (T1) et du EER 2,43 (T3) pour le type split dans la norme nationale (SASO 2663/2014).

Mexique : COPSR ISO estimé à partir du REEE 4,68/4,39/4,10 par CR pour le type split à EVV dans la norme nationale (NOM-026-ENER-2015).

Singapour : COPSR ISO estimé à partir du COPP 3,8 pour le type split.

Rwanda : COPSR ISO estimé à partir du SEERR 3,80/3,50/3,20 par CR pour le type split à EVV dans la stratégie nationale pour le refroidissement.

Inde : COPSR ISO estimé à partir du ISSER 3,5 pour le type split suggéré à la 11ème réunion du comité technique pour les climatiseurs (Réunion du comité technique, 2019).

Turquie : COPSR ISO estimé à partir du SEER de l'UE 4,6 (CR jusqu'à 6 kW) et 4,3 (CR de 6-12 kW).

COPSR ISO 3,2-3,4 (comparable au EER 3,0-3,2 pour les unités à EVF) est le niveau équivalent ou similaire aux N PEM actuellement en vigueur dans de nombreuses économies en développement comme le Brésil (2018), le Mexique pour les unités à EVF (2018), l'Afrique du Sud (2016) et la CARICOM (version préliminaire).

4. Disponibilité sur le marché et reconnaissance des systèmes de climatisation écoénergétiques

Bien qu'il soit peu probable que la majorité des modèles de climatiseurs à EVV répondent aux exigences d'efficacité des NPEM chinoises de 2022 et des directives pour le modèle de réglementation, on estime qu'entre 12 et 26 % des modèles de climatiseurs à EVV actuellement disponibles dans les principales économies émergentes respectent les niveaux proposés pour 2022 (Chine) ou 2023 (directives pour le modèle de réglementation) ; voir Figure 4.

La transition attendue du marché et des technologies via les N&E dans les principales économies émergentes envoie un signal politique fort aux fabricants qui vendent également leurs produits sur les marchés ciblés par les directives pour le modèle de réglementation : ceux où les NPEM et l'étiquetage sont dépassés, ne sont pas appliqués ou sont inexistant. Un ensemble commun d'exigences aidera les fabricants à se préparer à offrir des produits pouvant être vendus sur davantage de marchés, dans le but de générer des économies d'échelles plus importantes et de rendre ainsi les solutions écoénergétiques largement accessibles. Associer la transition vers une plus grande efficacité à la transition vers des fluides frigorigènes à faible PRP permettrait au secteur d'exploiter les synergies en repensant les équipements et en modernisant les chaînes de fabrication, afin d'atteindre simultanément les deux objectifs.

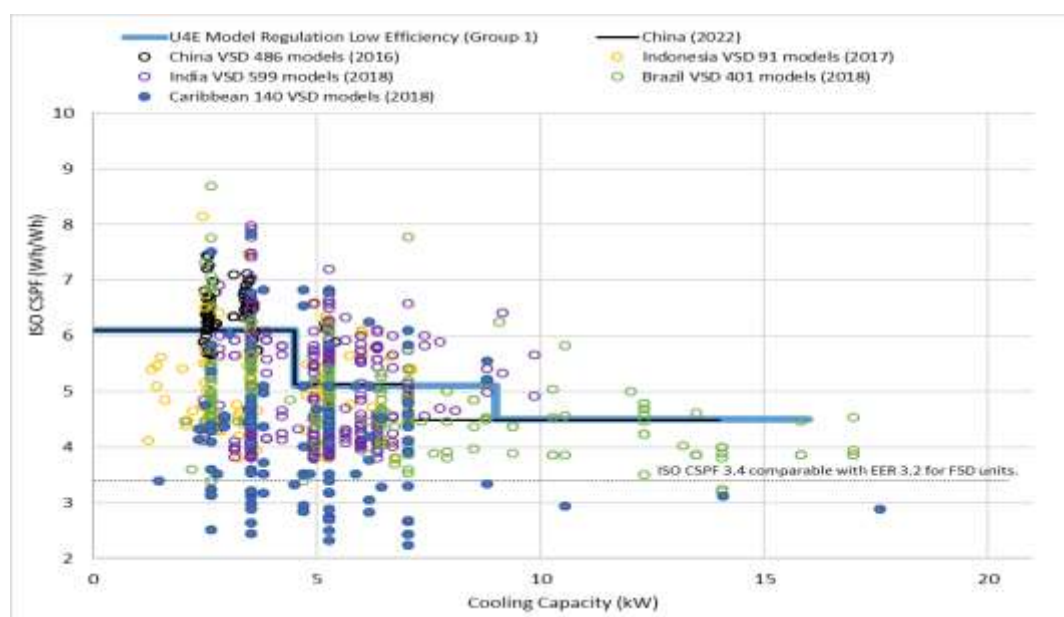


Figure 4 : Efficacité en COPSR ISO estimée pour les climatiseurs à EVV disponibles dans certaines économies

Source : analyse LBNL

Remarque : entre 24 et 26 % des modèles de climatiseurs à EVV disponibles en Chine (depuis 2016), en Indonésie (depuis 2017) et en Inde (depuis 2018) devraient respecter les niveaux proposés pour 2022 (Chine) ou 2023 (modèle de réglementation). 12 % des modèles de climatiseurs à EVV disponibles au Brésil (depuis 2018) devraient eux aussi respecter le niveau proposé pour 2022 (Chine) ou 2023 (modèle de réglementation).

La disponibilité sur le marché, le coût et les avantages des équipements sont des considérations clés, parmi d'autres facteurs, qui doivent être évaluées dans le processus de développement des politiques. Le contexte suivant concernant certains développements clé peut être instructif car les pays étudient la direction dans laquelle les marchés mondiaux se dirigent, mais il n'est pas censé remplacer le besoin d'une évaluation fiable des conditions locales et des objectifs des parties prenantes sur le marché.

Les climatiseurs dotés d'une efficacité énergétique élevée sont déjà vendus dans le commerce par de nombreux grands fabricants, y compris par ceux qui utilisent des fluides frigorigènes conventionnels (R-410A) ou à plus faible PRP (p. ex. R-32, R-290). Les climatiseurs qui dépassent les niveaux d'efficacité les plus élevés reconnus par les programmes d'étiquetage actuels sont disponibles dans la plupart des régions (Park, Shah et Gerke, 2017) ; voir Figure 5 et Tableau 7. L'efficacité moyenne des climatiseurs vendus neufs en Chine est encore inférieure de 60 % à l'efficacité des meilleurs produits disponibles (Agence internationale de l'énergie, 2019).

À la fin de l'année 2018, les fabricants indiens avaient déjà vendu plus de 600 000 unités utilisant du R-290. À cette même période, huit fabricants chinois s'étaient engagés à vendre 220 000 unités utilisant du R-290 sur le marché intérieur en 2019, et 18 chaînes de production de climatiseurs situées en Chine et dotées d'une capacité de production annuelle de 4,5 millions d'unités s'étaient convertis au R-290 (Hydrocarbons21, 2018). Les revendeurs au Ghana et à la Grenade vendent également des climatiseurs utilisant du R-290 (GIZ, 2019). Environ 68 millions de climatiseurs utilisant du R-32 ont été vendus à partir de décembre 2018 (Daikin, 2019). On estime qu'avant que les directives pour le modèle de réglementation entrent en vigueur sur les marchés qui choisissent de les adapter pour les suivre (vers 2023, si le pays intéressé le juge opportun), l'adoption par les marchés de ces produits sera bien plus forte si la croissance future suit les tendances actuelles.

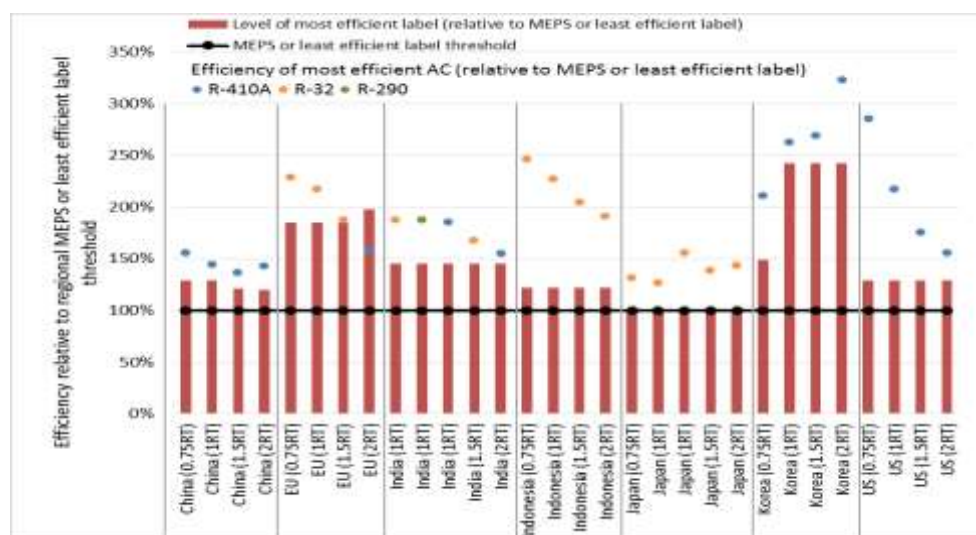


Figure 5 : Efficacité des modèles les plus efficaces par rapport aux N PEM ou à l'étiquetage les moins efficaces

Source : mis à jour d'après Park, Shah et Gerke (2017) ; voir Tableau 7 pour plus de détails.

Tableau 7 : Climatiseurs les plus efficaces dans certaines économies

Région	CR	Indicateur	N PEM ou étiquetage les moins contraignants	Étiquetage le plus efficace	Effacité du meilleur produit disponible
	TF (nominale)		Wh/Wh		
Chine	0,75	COPA chinois	3,50	4,50	5,45
	1,0		3,50	4,50	5,05
	1,5		3,30	4,00	4,50
	2,0		3,10	3,70	4,40
UE	0,75	SEER UE	4,60	8,50	10,5
	1,0		4,60	8,50	10,0
	1,5		4,60	8,50	8,60
	2,0		4,30	8,50	6,80
Inde	1,0	ISEER	3,10	4,50	6,15
	1,0		3,10	4,50	5,80
	1,5		3,10	4,50	5,60
	2,0		3,10	4,50	5,40
Indonésie	0,75	EER Indonésie	2,64	3,05	6,16
	1,0		2,64	3,05	5,68
	1,5		2,64	3,05	4,95
	2,0		2,64	3,05	4,32
Japon	0,75	COPA Japon	6,60	6,60	7,60
	1,0		6,00	6,00	7,60
	1,5		4,90	4,90	6,80
	2,0		4,40	4,40	6,30
République de Corée	0,75	COPSR Corée	3,5	6,36	7,10
	1,0		3,5	6,36	7,80
	1,5		3,15	8,20	8,00
	2,0		3,15	8,20	9,60
États-Unis	0,75	SEER É.-U.	4,10	5,27	12,30
	1,0		4,10	5,27	8,90
	1,5		4,10	5,27	7,20
	2,0		4,10	5,27	6,40

Source : mis à jour d'après Park, Shah et Gerke (2017)

Remarque : 1 TF = 3,5 kW.

Comme le montre la Figure 6, les niveaux d'efficacité élevée dans les directives pour le modèle de réglementation sont environ 30 à 60 % supérieurs aux niveaux de faible efficacité, et ils sont comparables aux niveaux d'efficacité élevée dans les normes régionales ou aux niveaux d'efficacité des meilleures technologies disponibles (MTD).

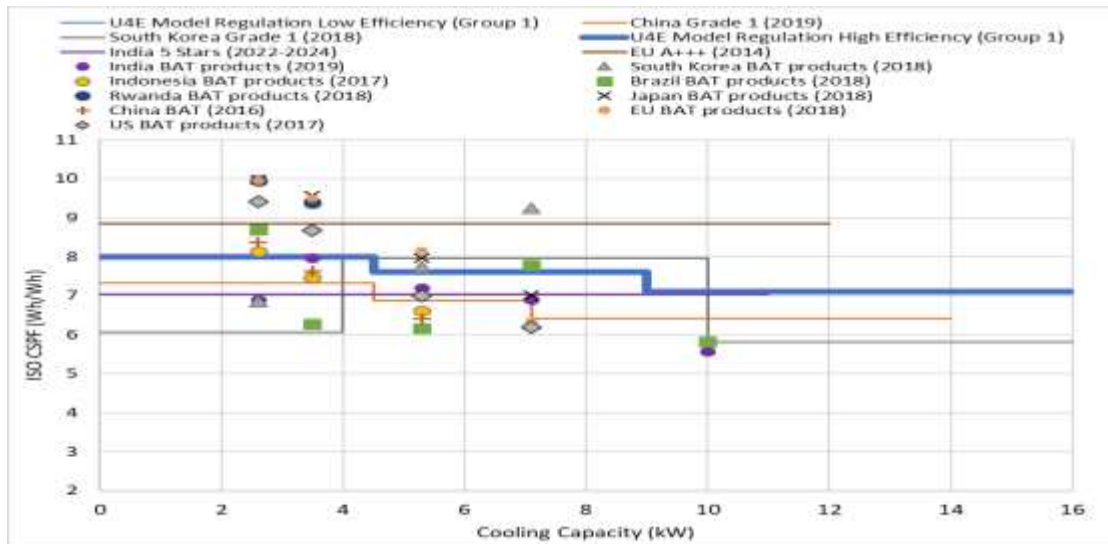


Figure 6 : Comparaison des catégories Efficacité élevée et Faible efficacité des directives pour le modèle de réglementation, des normes régionales et des MTD

Source : analyse LBNL

5. Développer le nombre d'heures par tranche de température extérieure pour l'utilisation des climatiseurs

Pour adopter un indicateur saisonnier de l'efficacité énergétique des climatiseurs comme norme nationale, un pays peut utiliser l'indicateur COPSR ISO conformément à la norme ISO 16358-1:2013, basé sur le nombre d'heures par tranche de température de référence de la norme ISO 16358 ou sur le nombre d'heures par tranche de température spécifique au climat d'un pays ou d'une région, comme celui de le modèle de réglementation. Par exemple, le Brésil a un climat chaud et humide qui varie d'une région à une autre, allant d'extrêmement chaud et humide (0A) à assez chaud et humide (3A) selon les définitions des zones climatiques données par l'ASHRAE, élaborées d'après une base de degré-jour de froid de 10 °C (DJR10), une base de degré-jour de chauffe de 18 °C (DJC18), les précipitations annuelles, la température moyenne annuelle, et ainsi de suite.

La Figure 7 montre les distributions par tranche de température moyenne annuelle des régions climatiques chaudes/assez chaudes d'après les définitions des zones climatiques de l'ASHRAE. En s'appuyant sur les données climatiques, les heures à 21 °C ou plus représentent 85 % des distributions de températures extérieures annuelles dans certaines régions climatiques 0A et 1A, tandis que les heures à plus de 35 °C représentent moins de 2 %. La Figure 8 montre le nombre d'heures par tranche de température extérieure pour l'utilisation de climatiseurs dans les régions climatiques 0A. Plus de détails sur le développement de tranches de température extérieure pour l'utilisation des climatiseurs sont disponibles dans Park et al. (2019a) et Park et Shah (2019).

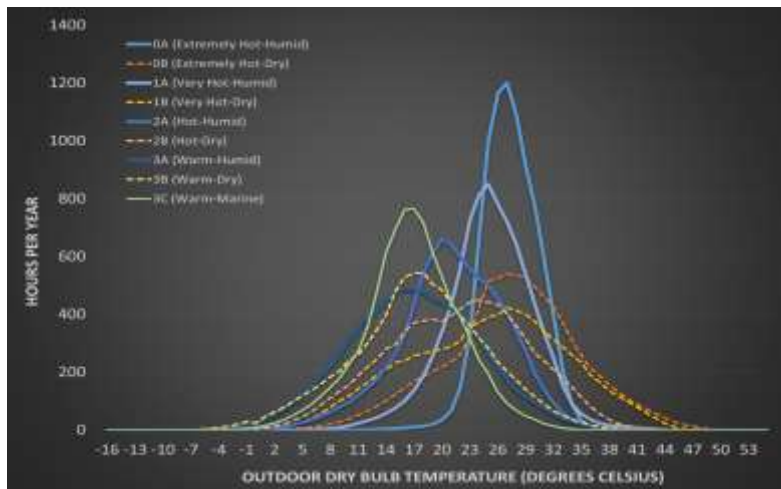


Figure 7 : Distributions de la température extérieure des régions climatiques chaudes à assez chaudes (0A à 3C)

Source : Park et Shah (2019) d'après des données issues de 142 stations météorologiques disponibles sur le logiciel ASHRAE weather data viewer 6.0. À titre illustratif, le diagramme en bâtons d'origine a été converti en courbes.

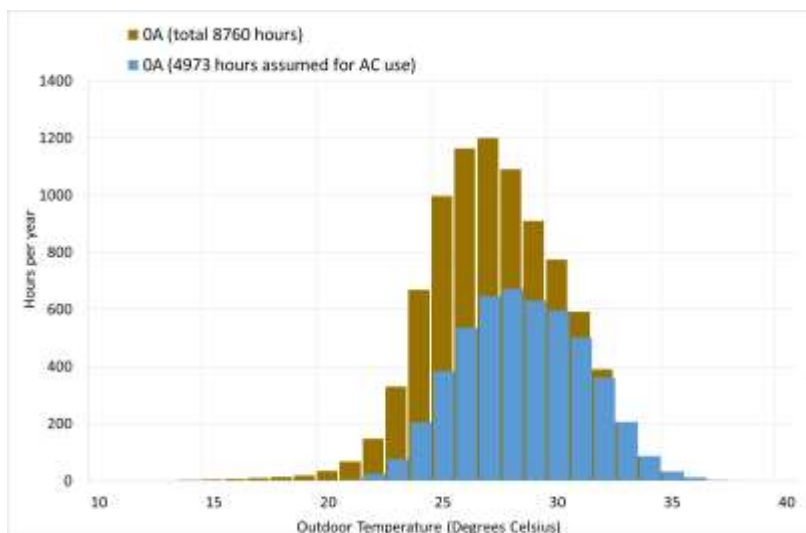


Figure 8 : Nombre d'heures par tranche de température extérieure annuelles (marron) et nombre d'heures par tranche de température supposée pour l'utilisation de climatiseurs dans les régions climatiques 0A (bleu)

Source : Park et Shah (2019)

6. Classer la performance des climatiseurs en indicateurs régionaux

Les programmes de transformation du marché concernant l'efficacité énergétique pour les climatiseurs ont à l'origine été mis en place dans les années 1990 et au début de la décennie suivante dans de nombreux pays. À cette époque, la plupart des pays ont adopté l'indicateur EER pour classer la performance des climatiseurs d'après la norme ISO 5151, permettant de comparer facilement les performances d'un marché à un autre et à l'échelle internationale. Toutefois, avec l'importance toujours plus grande accordée à la classification de la charge partielle et de la performance saisonnière dans de nombreux marchés au milieu de la prolifération de climatiseurs à EVV, les différences de climats régionaux rendent difficiles les comparaisons des efficacités des climatiseurs à l'échelle mondiale.

Depuis le milieu des années 2000, parallèlement à la pénétration croissante des climatiseurs à EVV, les indicateurs d'efficacité énergétique saisonniers spécifiques aux régions ont été conçus ou adoptés pour estimer la performance des climatiseurs selon les conditions climatiques régionales qui affectent la durée pendant laquelle un climatiseur fonctionne en charge partielle ou à pleine charge. Ces indicateurs sont de plus en plus utilisés comme alternative au EER ou au COP pour fixer les exigences de N&E pour les climatiseurs et les pompes à chaleur. La différence régionale entre les indicateurs d'efficacité saisonniers est principalement due aux profils de température extérieure utilisés pour agréger les classifications en régime permanent et les classifications cycliques en une valeur d'efficacité saisonnière, mais aussi aux façons d'évaluer la performance en fonctionnement à charge partielle dans l'indicateur. L'efficacité énergétique saisonnière d'un climatiseur disponible dans le commerce étant reportée en indicateurs spécifiques à une région et à un climat, elle doit être convenablement traduite pour d'autres régions en s'appuyant sur une performance énergétique différente, et ce, en raison des différences d'indicateur d'efficacité, de climat et de condition de fonctionnement qui existent entre les régions.

Avec les modèles de climatiseurs sélectionnés, le calcul du COPSIR ISO effectué pour le développement des directives pour le modèle de réglementation fait référence à la norme ISO 16358-1:2013, Clause 6.4 pour les unités à vitesse fixe et Clause 6.7 pour les unités à vitesse variable. Le calcul du COPSIR pour les unités à vitesse variable est basé sur deux ensembles de données de test - mesure de la performance [capacité et puissance absorbée] en fonctionnement à mi-capacité et à pleine capacité, à une température extérieure sèche de 35 °C - puis la performance à 29 °C est calculée à l'aide d'équations déterminées par la norme ISO 16358.

Le calcul du COPSIR pour les unités à vitesse fixe est basé sur un ensemble de données de test - mesure de la performance [capacité et puissance absorbée] en fonctionnement à pleine capacité, à une température extérieure sèche de 35 °C - , puis la performance à 29 °C est calculée à l'aide des équations prédéterminées. L'analyse calcule également les indicateurs (SEER pour les produits avec fonction de refroidissement uniquement et COPA pour les pompes à chaleur) définis par la norme chinoise (GB 21455-2013) avec le nombre d'heures par tranche de température dans la norme. En outre, l'analyse établit les relations de régression entre les indicateurs d'efficacité saisonniers (p. ex. SEER chinois versus COPSIR ISO). La Figure 9 montre les relations entre le COPA chinois et le COPA ISO d'après le nombre d'heures par tranche de température de la région climatique 2A. Plus de détails sur le développement des tranches de température extérieure pour l'utilisation de climatiseurs sont disponibles dans Park et Shah (2019), et Park et al. (2019b).

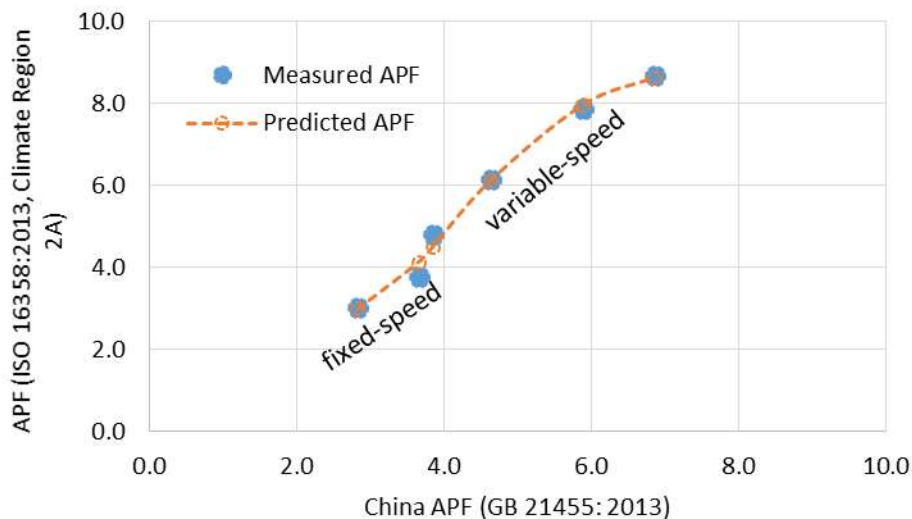


Figure 9 : Relation entre le COPA chinois (issu de la norme GB 21455-2013) et le COPA ISO avec le nombre d’heures par tranche de température 2A

Source : Park et Shah (2019)

Le Tableau 8 résume les spécifications de base des trois modèles de climatiseurs analysés. L'échantillon 1 représente les N PEM actuelles dans de nombreuses économies en développement. L'échantillon 2 répond à l'exigence des directives pour le modèle de réglementation concernant l'efficacité minimale mais pas à celle concernant le PRP des fluides frigorigènes. L'échantillon 3 répond aux exigences des directives pour le modèle de réglementation concernant l'efficacité élevée et les fluides frigorigènes.

Pour les unités à vitesse fixe, il n'y a pas de différence significative entre les valeurs du EER et du COPSR. Dans la mesure où des équations prédéterminées sont utilisées pour estimer la performance à 29 °C, le COPSR pour les unités à vitesse fixe entraîne une relation linéaire avec le EER, c'est-à-dire $COPS R = \alpha \times EER$ (p. ex. $\alpha = 1,062$ avec le nombre d'heures par tranche de température de référence ISO). En tenant compte de la consommation d'énergie annuelle des trois modèles de climatiseurs d'après les méthodes ISO 16358, on estime que le produit à efficacité élevée (Échantillon 3) consomme 60 % d'énergie en moins que l'unité à vitesse fixe de base (Échantillon 1).

Tableau 8 : Résumé des spécifications de trois modèles de climatiseurs

Échantillon	1	2	3
Type de compresseur	Vitesse fixe	Vitesse variable	
CR nominale (kW)	3,5-3,6		
EER (W/W)	3,20	3,94	5,02
COPSR ISO (Wh/Wh)	3,40	6,73	9,02
Exigence d'efficacité minimale de le modèle de réglementation (Groupe 1)	6,10		
Exigence d'efficacité élevée de le modèle de réglementation (Groupe 1)	8,00		
Consommation d'énergie annuelle d'après la tranche de température de référence de la norme ISO 16358 (kWh)	777	374	307

L'ESET est une mesure de l'impact du réchauffement climatique global des équipements calculée d'après les émissions de GES totales durant le fonctionnement des équipements et l'élimination des fluides de service en fin de vie, en prenant en compte à la fois les émissions directes et indirectes générées par la consommation d'énergie due au fonctionnement des équipements (Institut australien de la réfrigération, de la climatisation et du chauffage [AIRAH], 2012).⁶ La Figure 10 indique les résultats du calcul de l'ESET des trois échantillons de climatiseurs avec l'utilisation de référence de la norme ISO 16358 (1,817 heures). Le calcul montre un important potentiel d'économie d'émissions de GES, comme une réduction de 58 % entre l'échantillon 3 (unité à vitesse variable utilisant du R-32) et l'échantillon 1 (unité à vitesse fixe utilisant du R-410A). Les émissions indirectes représentent entre 58 et 74 % du total des émissions dans ces exemples, variant en fonction des hypothèses.

⁶ La méthodologie pour calculer l'ESET est la suivante :

$$\text{ESET} = \text{PRP (directes ; fuites de fluide frigorigène y compris en fin de vie)} + \text{PRP (indirectes ; fonctionnement)} = (\text{PRP} \times m \times F_{\text{annuel}} \times n) + \text{PRP} \times m \times (1 - \alpha_{\text{récupération}}) + (E_{\text{annuelle}} \times \beta \times n)$$

Où : PRP = PRP du fluide frigorigène, par rapport au CO₂ (PRP du CO₂ = 1) ; F_{annuel} = taux de fuite par an (unité : %) ; n = durée de vie du système (unité : années) ; m = charge de fluide frigorigène (unité : kg) ; α_{récupération} = récupération d'après un facteur de recyclage allant de 0 à 1 ; E_{annuelle} = consommation d'énergie par an (unité : kWh par an) ; β = facteur d'émissions indirectes (unité : kg de CO₂ par kWh).

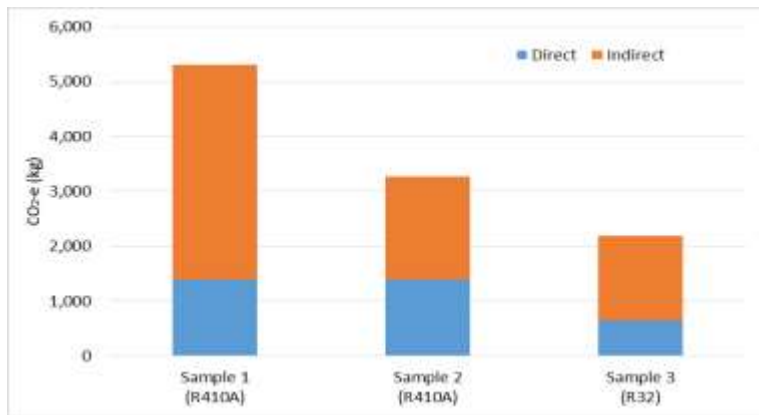


Figure 10 : Résultats du calcul de l'ESET pour trois modèles de climatiseurs

CO₂-e = équivalent CO₂

Hypothèses : $F_{\text{annuel}} = 4,0 \%$; $n = 10$ ans ; $m = 0,95$ kg (échantillons 1-2), $1,35$ kg (échantillon 3) ; $\alpha_{\text{récupération}} = 0,7$; $\beta = 0,505$ kg CO₂ par kWh, d'après l'AIRAH (2012) et l'Agence internationale de l'énergie (2008).

7. Prise en compte de la disponibilité et du coût des produits

L'une des préoccupations politiques à propos des produits plus écoénergétiques concerne leur prix plus élevé. Toutefois, plusieurs études ont démontré que les prix en termes réels ont continué à baisser malgré les importants progrès réalisés concernant l'efficacité. Cela est possible car des mandats clairs et des politiques de soutien qui encouragent l'efficacité permettent de réaliser des économies d'échelle qui réduisent les coûts (Phadke et al. 2017). Les produits plus chers ont généralement une plus grande efficacité énergétique. Cependant, des climatiseurs très efficaces à un prix compétitif sont aussi disponibles. Les pays en développement et émergents peuvent exploiter ces économies d'échelle en poursuivant des politiques similaires à celles qui aident à faire avancer cette transition mondiale.

La Figure 11 montre les tendances en matière d'efficacité et de prix pour 425 modèles de climatiseurs en Chine et trois modèles en Inde, par type de produit, de frigorigène et de CR. Les produits plus efficaces ont tendance à avoir une gamme de prix plus large par rapport aux produits moins efficaces. Cela s'explique en partie par le fait que les modèles très efficaces sont souvent vendus comme des produits de première qualité accompagnés d'autres fonctions. À mesure que les prix des climatiseurs efficaces continuent de baisser et que les consommateurs deviennent de plus en plus conscients des implications (p. ex. pour leur facture d'électricité) de l'efficacité, ces derniers peuvent prendre des décisions plus éclairées tout en disposant de davantage d'options parmi les produits dont le coût de possession est plus bas (si le nombre d'heures d'utilisation reste cohérent avec le nombre d'heures durant lesquelles les consommateurs auraient utilisé un climatiseur inefficace).

Park et al. (2019c) trouve que les obstacles à l'amélioration de l'efficacité énergétique durant la transition vers des fluides frigorigènes ayant un plus faible PRP pour la plupart des climatiseurs sont principalement de nature non-technique et pourraient être réduits par des programmes globaux et appropriés de transformation du marché qui complètent les N&E avec des programmes d'approvisionnement, des mécanismes financiers basés sur le marché et des incitations.

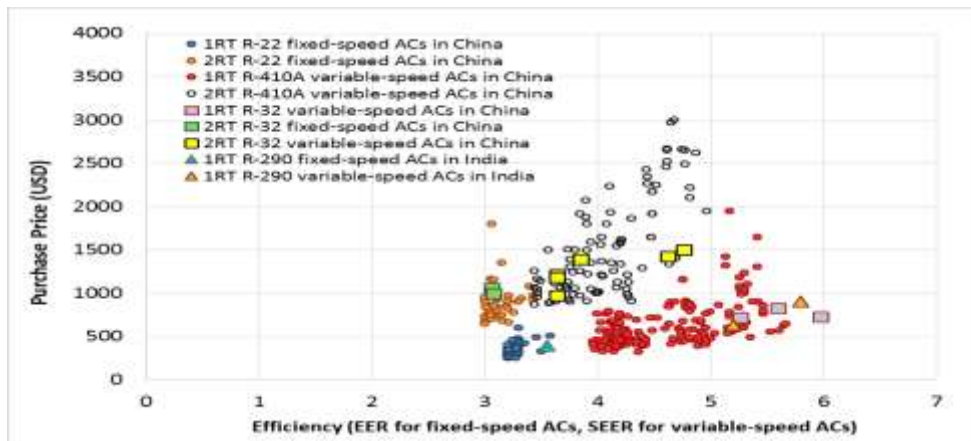


Figure 11 : Prix vs efficacité des climatiseurs de 1 TF et de 2 TF en Chine et en Inde

Source : Park, Shah et Gerke (2017)

La Chine est le plus grand producteur et consommateur mondial de climatiseurs, et contribue environ à hauteur d'un quart des émissions de CO₂ mondiales dues au refroidissement de locaux. Les nouvelles N PEM chinoises qui entreront en vigueur en 2022 devraient aider le marché mondial à faire sa transition vers des technologies écoénergétiques. Une étude révèle que les N PEM récemment proposées en Chine contribueraient à réduire d'environ 13 % les émissions de CO₂ entre 2019 et 2050, tout en permettant aux consommateurs chinois d'économiser 2 620 milliards de yuan (CNY) (environ 380 milliards d'USD) sur leurs factures (Karali et al. 2019). Cette étude a également découvert que le scénario qui tient compte de l'efficacité la plus élevée, en atteignant le COPA 5,4 des N PEM en 2025, offre les avantages nationaux à long terme les plus importants.

Phadke et al. (2019) prévoient la consommation d'électricité des climatiseurs durant toute leur durée de vie entre 2019 et 2050, les économies d'émissions et les économies sur les factures des consommateurs en Chine et dans d'autres économies en développement d'après le scénario d'une efficacité élevée (COPA 5,4 des N PEM en 2025). En fixant un objectif à si long terme, la Chine peut aider à définir la norme mondiale pour le refroidissement respectueux de l'environnement avec une réduction des émissions de GES de plus de 40 milliards de tonnes de CO₂e. Les consommateurs en Chine et dans le monde économiseraient plus de 5 billions d'USD, menant à une meilleure performance économique et à un bien-être supérieur pour les consommateurs. Plusieurs études montrent les impacts économiques des améliorations de l'efficacité dans les contextes spécifiques à un pays ou à une région (Letschert et al. 2019 ; Shah et al. 2016 ; Étude préparatoire de conception écologique, 2009).

8. Limite de la taille de la charge pour les frigorigènes inflammables (A3)

Les pays (et parfois des régions au sein de pays) possèdent leurs propres processus et calendriers pour développer des normes de fluides frigorigènes. Les normes de la CEI pour les fluides frigorigènes moyennement inflammables (A2L) et inflammables (A3) ⁷ sont actuellement en cours de révision, et les nouvelles normes devraient être disponibles dans les années à venir. Les pays intéressés peuvent se reporter aux dernières normes internationales ou régionales sur les limites de charge de frigorigènes au moment de la conception ou de la révision des politiques. Actuellement, de nombreuses normes portant sur l'utilisation des fluides frigorigènes inflammables, la limitation des charges et les équipements connexes sont disponibles dans les normes CEI 60335-2-40, ISO 5149, EN 378-1, etc. (Park et al. 2019c).

Pour les systèmes installés sans restriction de taille de la pièce, il existe une limite maximum de 150 g de la taille de la charge pour les fluides frigorigènes inflammables (A3) (Park et al. 2019c ; LIFE FRONT, 2018). Si la limite de charge admissible pour une utilisation sûre passe à 1 kg, la capacité maximale des unités mini-split pourraient atteindre 7 kW, ce qui permettrait aux climatiseurs utilisant du R-290 de cibler 80 % du marché mondial (Zeiger, Gschrey, et Schwarz, 2014). Pour les petits systèmes monoblocs et split, les normes ISO 5149 et IEC 60335-2-40 fixent la limite maximum de la taille de la charge de HC à 0,3 kg et 1,0/1,5 kg, respectivement, et la taille de la charge admissible à $0,01 \times \text{volume de la pièce (m}^3\text{)}$ et $0,04 \times \text{hauteur (m)} \times \text{aire de la pièce (m}^2\text{)}^{0,5}$, respectivement (Tableau 9). Le Tableau 10 montre des exemples d'alternatives de fluides frigorigènes à faible PRP pour les climatiseurs fixes.

Tableau 9 : Limites de la taille de la charge de frigorigène pour les normes de sécurité des HC, pour les climatiseurs et les pompes à chaleur

	CEI 60335-2-40		ISO 5149-1	
	Charge maximum	Charge admissible	Charge maximum	Charge admissible
Petit monobloc	0,3 kg	$0,01 \times V_p$	0,3 kg	$0,01 \times V_p$
Split non raccordé	1 kg	$0,04 \times h \times A_p^{0,5}$	1,5 kg	$0,04 \times h \times A_p^{0,5}$

Source : LIFE FRONT (2018)

V_p = volume de la pièce (en m^3), A_p = aire de la pièce (en m^2), h = hauteur d'installation de l'unité (en m)

⁷ Les catégories sont basées sur la classification de sécurité de la norme ASHRAE 34, où A1 correspond à une toxicité moindre/pas de propagation des flammes, A2/A2L correspond à une toxicité moindre/faible inflammabilité, et A3 correspond à une toxicité moindre/forte inflammabilité.

Tableau 10 : Exemples d'alternatives à faible PRP pour les climatiseurs fixes

Type	Produit chimique	Classe de sécurité ^a	PRP ^b	Inflammabilité ^c	Commentaires
HCFC	HCFC-22	A1	1 760	1	
HFC	HFC-410A	A1	1 900	1	
	HFC-134a	A1	1 300	1	
Alternatives à faible PRP					
HFC	HFC-32	A2L	677	2L	Petits systèmes de climatisation monoblocs disponibles. Petits systèmes de climatisation split également disponibles dans certaines parties d'Asie, d'Inde et d'Europe.
HFO	HFO-1234yf HFO-1234ze	A2L A2L	< 1 < 1	2L 2L	Envisagés pour les unités raccordées et installées sur les toits, soumis aux normes et codes de sécurité.
	HFO-1336mzz(Z)	A1	2	1	Politique de nouvelle alternative importante (Significant New Alternative Policy, SNAP) de l'Agence américaine de protection de l'environnement (Environmental Protection Agency, EPA), approuvée en 2016 pour une utilisation avec les climatiseurs industriels (nouveaux équipements).
Mélanges HFO/HFC	R-446A R-447A R-452B R-454B	A2L A2L A2L A2L	460 570 680 470	2L 2L 2L 2L	Mélanges récemment développés pour les petits climatiseurs split. Également pour les climatiseurs multisplit, les systèmes à DRV, et les systèmes raccordés soumis aux normes et aux codes de sécurité.
	R-450A R-513A R-513B	A1 A1 A1	550 570 540	1 1 1	Alternatives possibles pour les unités raccordées et monoblocs installées sur les toits.
HC	HC-290 HC-1270	A3 A3	3 2	3 3	Disponibilité limitée pour les petits climatiseurs split en Europe et dans certaines parties d'Asie en raison de préoccupations relatives à l'inflammabilité de ces produits.
Ammoniac	R-717	B2L	0	1	Utilisé uniquement pour les refroidisseurs de faible capacité en raison des coûts.
Eau (H ₂ O)	R-718	A1	S.O.	1	Limitée à des applications spéciales pour les refroidisseurs.
CO ₂	R-744	A1	1	1	Applicabilité limitée pour les systèmes de climatisation et les refroidisseurs stationnaires en raison d'une efficacité réduite dans les environnements où la température ambiante est élevée. Le marché pourrait ne pas supporter le coût de développement des composants.

HFO = Hydrofluoroléfine

^a Classification de sécurité ASHRAE 34 où A1 correspond à une toxicité moindre/pas de propagation des flammes, A2/A2L correspond à une toxicité moindre/faible inflammabilité, A3 correspond à une toxicité moindre/forte inflammabilité, B1 correspond à une toxicité supérieure/pas de propagation des flammes, B2/B2L correspond à une toxicité supérieure/faible inflammabilité et B3 correspond à une toxicité supérieure/forte inflammabilité.

^b PRP sur un horizon à 100 ans par rapport au CO₂, conformément au cinquième rapport d'évaluation (AR5) du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC).

^c Inflammabilité des frigorigènes classée en fonction de la norme ASHRAE 34 où 1 correspond à aucune propagation des flammes, 2L correspond à une inflammabilité moindre, 2 correspond à inflammable et 3 correspond à une inflammabilité supérieure.

Source : Park, Shah et Gerke (2017)

Références

- Institut australien de la réfrigération, de la climatisation et du chauffage (2012). *Methods of Calculating Total Equivalent Warming Impact (TEWI) 2012*. https://www.airah.org.au/Content_Files/BestPracticeGuides/Best_Practice_Tewi_June2012.pdf.
- ChinalOL (2018). *Progress Report on 2018 China Room AC Energy Efficiency Survey by ChinalOL*.
- Institut national chinois de normalisation (2019). *Letter of Solicitation of Comments on the National Standards for Energy Efficiency Limits and Energy Efficiency Ratings for Room Air Conditioner*.
- Daikin (2019). R-32: The Most Balanced Refrigerant for Stationary Air Conditioners and Heat Pumps. <https://www.daikin.com/csr/information/influence/hfc32.html>. Consulté le 9 août 2019.
- Étude préparatoire de conception écologique (2009). *Preparatory Study on the Environmental Performance of Residential Room Conditioning Appliances (Airco and Ventilation): Improvement Potential*. https://www.eup-network.de/fileadmin/user_upload/Produktgruppen/Aircon_Final_report_of_Task_7.pdf.
- GIZ (2018). *International Safety Standards in Air Conditioning, Refrigeration & Heat Pump*. Eschborn. https://www.international-climate-initiative.com/fileadmin/Dokumente/2018/180712_Safety_Standards.pdf.
- Hydrocarbons21 (2018). 8 Major Chinese RAC Makers Commit to Selling 220k R290 Units in 2019. 4 décembre. http://hydrocarbons21.com/articles/8713/8_major_chinese_rac_makers_commit_to_sell_220k_r290_units_in_2019. Consulté le 9 août 2019.
- Agence internationale de l'énergie (2019). *The Future of Cooling in China – Delivering on Action Plans for Sustainable Air Conditioning*. <https://www.iea.org/publications/reports/TheFutureofCoolinginChina/>.
- Agence internationale de l'énergie (2008). *CO₂ Emissions from Fuel Combustion*. https://www.oecd-ilibrary.org/energy/co2-emissions-from-fuel-combustion-2008_co2_fuel-2008-en-fr.
- Association industrielle japonaise pour la réfrigération et la climatisation (2018a). *World Air Conditioner Demand by Region*. https://www.iraia.or.jp/english/World_AC_Demand.pdf.
- Association industrielle japonaise pour la réfrigération et la climatisation (2018b). *World Air Conditioner Demand by Region and Technology*. https://www.iraia.or.jp/english/World_AC_Demand_inverter.pdf.
- Karali, N., Shah, N., Park, W., Khanna, N., Ding, C., Lin, J. et Zhou, N. (2019). *Improving the Energy Efficiency of Room Air Conditioners in China: Costs and Benefits*. Analyse préliminaire. Lawrence Berkeley National Laboratory.
- Programme de Kigali pour l'efficacité des dispositifs de refroidissement (2019). Comment from an Industrial Participant at the International Conference – Perspectives for Energy Efficiency Improvement in the Brazilian Air Conditioners' Market.
- Letschert, V., Karali, N., Park, W., Shah, N., Jannuzzi, G., Costa, F., Lamberts, R. et Borges, K. (2019). *The Manufacturer Economics and National Benefits of Cooling Efficiency for Air Conditioners in Brazil*. Étude de l'EEERE réalisée durant l'été 2019. Belambra Presqu'île de Giens, France, du 3 au 8 juin 2019. Conseil européen pour une économie écoénergétique (European Council for an Energy Efficient Economy - EEERE). <https://ies.lbl.gov/publications/manufacturing-economics-and-national>.

LIFE FRONT (2018). *Impact of Standards on Hydrocarbon Refrigerants in Europe: LIFE FRONT (Flammable Refrigerants Options for Natural Technologies)*.

<http://lifefront.eu/wp-content/uploads/2018/10/impact-of-standards-om-hydrocarbon-refrigerants-in-europe-life-front-report.pdf>.

Park, W., Shah, N. et Gerke, B. (2017). *Assessment of Commercially Available Energy-Efficient Room Air Conditioners Including Models with Low Global Warming Potential (GWP) Refrigerants*.

https://eta.lbl.gov/sites/default/files/publications/assessment_of_racs_lbnl-2001047.pdf.

Park, W. (2019). *Regional Policy Alignment: Model Energy & Refrigerant Regulations for Air Conditioners*. Presented at the International Conference – Perspectives for Energy Efficiency Improvement in the Brazilian Air Conditioners' Market. Auditório Eletrobrás, Rua Conselheiro Saraiva, n.41, Centro, Rio de Janeiro. 25 mars 2019.

Park, W. et Shah, N. (2019). *Adopting a Seasonal Efficiency Metric for Room Air Conditioners - Part 1: Cooling Efficiency*. Analyse préliminaire. Lawrence Berkeley National Laboratory.

Park, W., Shah, N., Letschert, V. et Lamberts, R. (2019a). *Adopting a Seasonal Efficiency Metric for Room Air Conditioners: A Case Study in Brazil*. Lawrence Berkeley National Laboratory.

Park, W., Phadke, A., Shah, N., Choi, J., Kang, H. et Kim, D. (2019b). *Lost in Translation: Overcoming Divergent Seasonal Performance Metrics to Strengthen Policy for Air Conditioner Energy Efficiency*. Analyse préliminaire. Lawrence Berkeley National Laboratory.

Park, W., Shah, N., Ding, B.C. et Qu, Y. (2019c). *Challenges and Recommended Policies for Simultaneous Global Implementation of Low-GWP Refrigerants and High Efficiency in Room Air Conditioners*.
<https://escholarship.org/uc/item/07j5f74s>.

Phadke A., Shah N., Lin J., Park W., Zhang Y., Zaelke D., Ding C. et Karali N. (2019). *Chinese Policy Leadership Would Cool Global Air Conditioning Impacts*. Berkeley, Californie : Lawrence Berkeley National Laboratory.

Phadke, A., Park, W., Abhyankar, N. et Shah N. (2017). *Relationship between Appliance Prices and Energy-Efficiency Standards and Labeling Policies: Empirical Evidence from Residential Air Conditioners*. 9th International Conference on Energy Efficiency in Domestic Appliances and Lighting (EEDAL). Irvine, États-Unis, du 13 au 15 septembre 2017. California Plug Load Research Center.

<http://eedal2017.uci.edu/wp-content/uploads/Thursday-14-Abhyankar-1.pdf>.

Shah, N., Abhyankar, N., Park, W., Phadke, A., Diddi, S., Ahuja, D., Mukherjee, P.K. et Walia, A. (2016). *Cost-Benefit of Improving the Efficiency of Room Air Conditioners (Inverter and Fixed Speed) in India*.
<https://ies.lbl.gov/publications/cost-benefit-improving-efficiency>.

Réunion du comité technique (2019). *Minutes of Meeting. 11th Technical Committee Meeting for Room Air Conditioners*.

<http://www.beestarlabe.com/Home/ViewMinutesMeeting?EqpID=1>.

Programme des Nations Unies pour le développement (2019). *Market Assessment of Residential and Small Commercial Air Conditioners in South Africa*. Version définitive.

Zeiger, B., Gschrey, B. et Schwarz, W. (2014). *Alternatives to HCFCs/HFCs in Unitary Air Conditioning Equipment at High Ambient Temperatures*. Francfort.
https://ec.europa.eu/clima/sites/clima/files/gas/legislation/docs/alternatives_high_gwp_annex_en.pdf.

