



Cofinancé par
l'Union européenne



coopération
allemande
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT



CONTRIBUTION À L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE POUR LA CLIMATISATION ET LA RÉFRIGÉRATION DOMESTIQUE ET INDUSTRIELLE AU BURKINA FASO

Ce document est élaboré par le projet **ROCA**
Refroidissement respectueux de l'**O**zone et du **C**limat
en **A**frique de l'**O**uest et **C**entrale

13 JUIN 2023

Publié par la

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Mentions légales

À son titre d'entreprise fédérale, la GIZ aide le gouvernement fédéral allemand à concrétiser ses objectifs en matière de coopération internationale pour le développement durable.

Publié par

Deutsche Gesellschaft für

Internationale Zusammenarbeit (GIZ) GmbH

Sièges de la société

Bonn et Eschborn, Allemagne

Dag-Hammarskjöld-Weg 1-5

65760, Eschborn, Allemagne

T +49 61 96 79-0

F +49 61 96 79-11 15

E info@giz.de

I www.giz.de/en

Désignation du programme/projet

Refroidissement Respectueux de l'Ozone et du Climat en Afrique de l'Ouest et Centrale (ROCA)

Auteurs

Irene Papst, Manuel Prieto García, Nader Hajj Shehadeh, Antoine Azar (HEAT GmbH, membre du Consortium OTB Consult)

Responsable

Bernhard Siegele (responsable du mandat), Nils Hansen (responsable de la mise en œuvre) (GIZ Proklima), Eschborn

Conception/Maquette

Groupe Arc en Ciel, Bamako, Mali

Crédits photos/Sources

Groupe Arce en Ciel

Sur mandat de

L'Union européenne (UE) et le Ministère fédéral allemand de la Coopération économique et du Développement (BMZ).
BMZ : Referat 424 « Umweltpolitik, Biodiversität, Wald, Meeresschutz »

En coopération avec

Bureau National Ozone (BNO), Ministère de l'Environnement, de l'Eau et de l'Assainissement (MEEA)

Personne de contact auprès du commettant/client

Pauline YAMEOGO/ZABA (GIZ Proklima / ROCA), Ouagadougou

Impression et distribution :

OCOLOR SARL, Ouagadougou

Cette publication a été réalisée avec le soutien financier de l'Union européenne (UE) et du ministère fédéral allemand de la Coopération économique et du Développement (BMZ). Son contenu relève de la seule responsabilité de la GIZ et ne reflète pas nécessairement le point de vue de l'Union européenne et du ministère fédéral allemand de la Coopération économique et du Développement.

Contenu

1	RÉSUMÉ EXÉCUTIF	12
2	Consommation de HFC et de HCFC et répartition sectorielle.....	15
3	ÉVALUATION DE L'INVENTAIRE DES SOUS-SECTEURS DE LA CLIMATISATION ET DE LA REFRIGERATION DOMESTIQUE ET INDUSTRIELLE	18
3.1	<i>Enquête sur l'inventaire de la climatisation et la réfrigération domestique.....</i>	<i>18</i>
3.1.1	Processus de collecte des données - Climatiseurs et réfrigérateurs domestiques	19
3.2	<i>Processus de collecte des données - Réfrigération industrielles</i>	<i>21</i>
3.3	<i>Méthodologie de l'enquête sur l'inventaire sectoriel.....</i>	<i>22</i>
3.3.1	Le modèle de stock vintage.....	24
3.3.2	Émissions de réfrigérants	26
3.3.3	Émissions énergétiques	30
3.4	<i>Réfrigérateurs domestiques.....</i>	<i>34</i>
3.4.1	Évaluation du marché	34
3.4.2	Analyse du cycle de vie	37
3.4.3	Équipement utilisé.....	38
3.5	<i>Climatiseurs d'Air (CA) unitaires.....</i>	<i>39</i>
3.5.1	Évaluation du marché	39
3.5.2	Analyse du cycle de vie	42
3.5.3	Équipement utilisé.....	43
3.6	<i>Réfrigération industrielle et commerciale.....</i>	<i>45</i>
3.7	<i>Climatisation des véhicules.....</i>	<i>47</i>
3.7.1	Équipement utilisé.....	48
4	STANDARD MINIMAL DE PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE (SMPE) AU BURKINA FASO POUR LES CLIMATISSEURS UNITAIRES ET LES RÉFRIGÉRATEURS DOMESTIQUES.....	49
4.1	<i>Réfrigérateurs domestiques.....</i>	<i>49</i>
4.1.1	Paramètres U4E pour les réfrigérateurs domestiques.....	50
4.1.2	Norme d'essai pour la consommation annuelle d'énergie (AEC).....	52
4.1.3	Niveaux des SMPE et étiquettes énergétiques	53
4.1.4	Exigences relatives aux réfrigérants et aux agents d'expansion de mousse.....	56
4.2	<i>Climatiseurs d'air</i>	<i>56</i>
4.2.1	Portée	56
4.2.2	Normes et conditions d'essai.....	57
4.2.3	Niveaux des SMPE et étiquettes énergétiques pour les climatiseurs au Burkina Faso	58
4.2.4	Exigences en matière de réfrigérant	63
5	APERÇU ET PROJECTION DE LA DEMANDE D'ÉLECTRICITÉ ET DES EMISSIONS PROVENANT DE LA CLIMATISATION ET DE LA REFRIGERATION DOMESTIQUE AU BURKINA FASO	64
5.1	<i>Vue générale sur la climatisation et de la réfrigération domestique.....</i>	<i>64</i>
5.2	<i>Scénarios d'émissions pour le sous-secteur de la réfrigération domestique.....</i>	<i>68</i>
5.2.1	Projections des ventes et des stocks.....	68
5.2.2	Demande d'énergie	70
5.2.3	Émissions directes et leur potentiel de mitigation	70
5.2.4	Conclusion - Réfrigération domestique	71
5.3	<i>Scénarios d'émissions pour le sous-secteur des climatiseurs unitaires.....</i>	<i>73</i>
5.3.1	Projections des ventes et des stocks.....	73
5.3.2	Demande d'énergie	75
5.3.3	Émissions directes et leur potentiel de mitigation	75
5.3.4	Conclusion - Climatisation domestique.....	77
6	APERÇU ET PROJECTION DES ÉMISSIONS DIRECTES DES CLIMATISATION DES VEHICULES AU BURKINA FASO ..	79

7	APERÇU ET PROJECTION DE LA DEMANDE D'ÉLECTRICITÉ ET DES EMISSIONS PROVENANT DE LA CLIMATISATION ET DE LA REFRIGERATION COMMERCIALES ET INDUSTRIELLES AU BURKINA FASO.....	81
7.1	<i>Projections des ventes et des stocks</i>	<i>81</i>
7.2	<i>Demande d'énergie.....</i>	<i>83</i>
7.3	<i>Scénarios d'émissions pour le sous-secteur de la climatisation commerciale.....</i>	<i>87</i>
7.3.1	Émissions directes et leur potentiel de mitigation	88
7.3.2	Conclusion - Sous-secteur de la climatisation commerciale	89
7.4	<i>Scénarios d'émissions pour le secteur de la réfrigération commerciales et industrielles.....</i>	<i>90</i>
7.4.1	Émissions directes et leur potentiel de mitigation	91
7.4.2	Conclusion - Secteur de la réfrigération commerciales et industrielles.....	92
8	PROJECTIONS DES EMISSIONS TOTALE - SECTEURS DOMESTIQUE ET INDUSTRIEL	94
9	CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS.....	98
10	REFERENCES.....	99

Liste des figures

Figure 1 : Évolution de la moyenne de la consommation, du volume et du prix des réfrigérateurs aux États-Unis ...	13
Figure 2 : Distribution de l'échantillonnage des climatiseurs d'Air (CA) par ville.....	19
Figure 3 : Distribution de l'échantillonnage des réfrigérateurs domestiques par ville.	20
Figure 4 : Distribution du marché de seconde main des CA et les réfrigérateurs domestiques au Burkina Faso.	21
Figure 5 : Émissions incluses dans le champ d'application de ce projet (propre illustration).	24
Figure 6 : Approche pour le calcul des émissions dues aux réfrigérants (propre illustration).	27
Figure 7 : Approche pour le calcul des émissions énergétiques (propre illustration).	31
Figure 8 : Nombre de réfrigérateurs étudiés dans le cadre de l'évaluation du marché et part des modèles disposant d'informations sur la AEC (consommation annuelle d'énergie), séparés selon la catégorie de produit et leur état ...	34
Figure 9 : Distribution en volume des réfrigérateurs examinés au Burkina Faso	35
Figure 10 : Relation entre le volume ajusté (AV) des réfrigérateurs étudiés et la valeur R.....	36
Figure 11 : CCV pour les réfrigérateurs au Burkina Faso pour des volumes ajustés <300 l (gauche), 300 à <500 l (droite) et >500 l (bas).....	38
Figure 12 : Diagramme à secteurs pour la distribution des réfrigérants (HPMP).....	39
Figure 13 : Nombre de climatiseurs split étudiés dans l'évaluation du marché et part des modèles disposant d'informations sur l'EER (ratio d'efficacité énergétique), séparés selon la taille et la condition de la capacité de refroidissement.....	40
Figure 14 : Efficacité en ISO CSPF estimée pour les CA à vitesse variable disponibles dans certaines économies.....	41
Figure 15 : CCV pour les climatiseurs unitaires au Burkina Faso pour les puissances frigorifiques inférieures à 4,5 kW (à gauche) et entre 4,5 et 9,5 kW (à droite)	42
Figure 16 : Diagramme à secteurs pour la distribution des réfrigérants - climatisation commerciale (HPMP).	43
Figure 17 : Diagramme à secteurs pour la distribution des réfrigérants - climatisation commerciale (HPMP).	44
Figure 18 : Diagramme à secteurs pour la distribution des réfrigérants - Réfrigération industrielle et commerciale (HPMP).	46
Figure 19 : Consommation énergétique annuelle maximale (AEC_{Max}) définie dans le règlement type U4E pour les trois différents types de réfrigérateurs.	52
Figure 20 : Distribution de fréquence de l'efficacité énergétique des réfrigérateurs étudiés (basée sur une température ambiante de 32°C), les lignes rouges et les années indiquent les SMPE proposées.	54
Figure 21 : Comparaison internationale des normes SMPE : Consommation énergétique annuelle maximale en fonction du volume pour les appareils combinés (Réfrigérateur-Congélateur).	55
Figure 22 : Distribution de fréquence de l'efficacité énergétique des CA étudiés avec une capacité de refroidissement \leq 4,5 kW (sur la base du CSPF estimé pour le groupe climatique OA), les lignes noir verticales et les années indiquent les SMPE proposées.	59
Figure 23 : Distribution de fréquence de l'efficacité énergétique des CA étudiés avec une capacité de refroidissement de 4.5 kW à 9.5 kW (basée sur le CSPF estimé pour le groupe climatique OB), les lignes noir verticales et les années indiquent les SMPE proposées.	60
Figure 24 : Distribution de fréquence de l'efficacité énergétique des CA étudiés avec une capacité de refroidissement \geq 9.5 kW (basée sur le CSPF estimé pour le groupe climatique OB), les lignes noir verticales et les années indiquent les SMPE proposées.	60
Figure 25 : Comparaison de certains systèmes de SMPE internationaux	62
Figure 26 : Projection de la demande d'électricité au Burkina Faso pour les deux secteurs étudiés dans le scénario BAU.....	64
Figure 27 : Demande d'électricité projetée au Burkina Faso à partir des deux secteurs étudiés dans le scénario de mitigation.....	65
Figure 28 : Projection des émissions dues à la consommation d'énergie des deux applications étudiées au Burkina Faso pour le scénario BAU et le scénario de mitigation.....	65

Figure 29 : Projections des émissions directes dues à l'utilisation de réfrigérants pour les deux applications étudiées au Burkina Faso dans le scénario BAU et le scénario de mitigation	67
Figure 30 : Développement du parc de réfrigérateurs domestiques entre 2020 et 2050	69
Figure 31 : Ventes de réfrigérateurs domestiques entre 2020 et 2050 telles que résultant du développement supposé	69
Figure 32 : Consommation d'électricité des réfrigérateurs domestiques au Burkina Faso entre 2020 et 2050.....	70
Figure 33 : Émissions projetées des réfrigérateurs dans le scénario BAU	71
Figure 34 : Réductions potentielles des émissions des réfrigérateurs dans le scénario MI	71
Figure 35 : Consommation d'énergie des réfrigérateurs domestiques dans le scénario BAU et le scénario avec la mise en vigueur des SMPE.	72
Figure 36 : Émissions indirectes provenant de l'utilisation de l'électricité des réfrigérateurs dans le scénario BAU et le scénario avec la mise en vigueur des SMPE	72
Figure 37 : Développement du parc des CA unitaires entre 2020 et 2050	74
Figure 38 : Évolution des ventes des CA unitaires entre 2020 et 2050	74
Figure 39 : Consommation d'électricité des unités de climatisation unitaire au Burkina Faso 2020-2050 dans le scénario BAU	75
Figure 40 : Les émissions de GES des unités CA au Burkina Faso dans la période 2020-2050 en MtCO ₂ eq.....	76
Figure 41 : Émissions potentielles dans un scénario de mitigation pour les climatiseurs unitaires au Burkina Faso ..	77
Figure 42 : Consommation d'énergie prévue pour les climatiseurs split dans le scénario BAU et le scénario SMPE... 78	78
Figure 43 : Projection des émissions dues à l'utilisation de l'électricité des climatiseurs dans le scénario BAU et le scénario SMPE	78
Figure 44 : Développement du parc des climatisation des véhicules entre 2020 et 2050	79
Figure 45 : Développement de la vente des climatisation des véhicules entre 2020 et 205.....	80
Figure 46 : Émissions directes des climatiseurs de véhicules, provenant des fuites de réfrigérant, dans le scénario BAU et dans le scénario MIT.....	80
Figure 47 : Développement du parc RAC commerciales et industrielles entre 2020 et 2050	82
Figure 48 : Évolution des ventes des installations commerciales et industrielles entre 2020 et 2050.....	82
Figure 49 : Consommation d'énergie pour les sous-secteurs de la réfrigération commerciale et industrielle et de la climatisation commerciale dans le scénario BAU	83
Figure 50 : Consommation d'énergie pour les sous-secteurs de la réfrigération commerciale et industrielle et de la climatisation commerciale dans le scénario MIT.....	83
Figure 51 : Projection des émissions dues à l'utilisation de l'électricité dans la réfrigération commerciale et industrielle et dans la climatisation commerciale dans le scénario BAU et le scénario SMPE (MIT).....	85
Figure 52 : Projection des émissions directes de la réfrigération commerciale et industrielle et de la climatisation commerciale dans le scénario BAU et le scénario SMPE.....	87
Figure 53 : Consommation d'électricité, dans le scénario BAU, du secteur AC commercial étudié au Burkina Faso 2010-2050.....	87
Figure 54 : Consommation d'électricité, dans le scénario SMPE, du secteur AC commercial étudié au Burkina Faso 2010-2050	88
Figure 55 : Consommation d'énergie prévue dans le secteur AC commercial dans le scénario BAU et le scénario de mitigation	88
Figure 56 : Émissions directes par le secteur AC commercial dans le scénario BAU et le scénario de mitigation.....	89
Figure 57 : Émissions potentielles dans un scénario BAU pour le secteur AC commercial	89
Figure 58 : Émissions potentielles dans le scénario de mitigation (SMPE) pour le secteur AC commercial.....	90
Figure 59 : Stock de système de réfrigération industrielle et commerciale pour la période 2020-2050.....	91

Figure 60 : Emissions directes du secteur de la réfrigération commerciales et industrielles dans le scénario BAU et le scénario de mitigation (SMPE)	92
Figure 61 : Émissions potentielles dans un scénario BAU de la réfrigération commerciales et industrielles.....	92
Figure 62 : Émissions potentielles dans le scénario de mitigation (SMPE) de la réfrigération commerciales et industrielles	93
Figure 63 : Emissions totales des sous-secteurs RAC étudiés, dans le scénario BAU, sur la période 2020-2050	94
Figure 64 : Emissions totales des sous-secteurs étudiés, dans le scénario BAU, sur la période 2020-2035.....	95
Figure 65 : Emissions totales des sous-secteurs étudiés (domestique et industriel) dans les scénarios BAU et SMPE.	95

Liste des tableaux

Tableau 1 : Consommation de HFC et HCFC au Burkina Faso données HCFC Phase-Out Management Plans (HPMP)	15
Tableau 2 : Consommation de HFC et HCFC par secteur au Burkina Faso.....	16
Tableau 3 : Fréquence des types de réfrigérateurs et volumes moyens des réfrigérateurs étudiés ayant une valeur de consommation énergétique.....	35
Tableau 4 : Coût moyen du cycle de vie [USD] des types de réfrigérateurs courants.....	37
Tableau 5 : Consommation, en tonne, de réfrigérants dans le secteur de la réfrigération domestique pour la période 2018-2022 (HPMP).....	38
Tableau 6 : Caractéristiques des équipements de réfrigération domestique	39
Tableau 7 : Capacité de refroidissement des unités de climatisation unitaires sur le marché Burkinabè	40
Tableau 8 : Consommation de réfrigérants dans le secteur de la climatisation domestique pour la période 2018-2022 (HPMP).....	43
Tableau 9 : Consommation de réfrigérants dans le secteur de la climatisation commerciale pour la période 2018-2022 (HPMP).....	44
Tableau 10 : Caractéristiques des équipements de climatisation (HPMP).....	45
Tableau 11 : Synthèse de l'inventaire des installations (HPMP).....	45
Tableau 12 : Caractéristiques des équipements de réfrigération industrielle et commerciale (HPMP).....	45
Tableau 13 : Consommation (en tonne) de réfrigérants dans le secteur de la réfrigération industrielle et commerciale pour la période 2018-2022 (HPMP).....	46
Tableau 14 : Consommation de réfrigérants dans le secteur de la climatisation des véhicules (HPMP).....	48
Tableau 15 : Caractéristiques des équipements de climatisation des véhicules (HPMP).....	48
Tableau 16 : Équations de l'AECMax U4E pour les trois catégories de réfrigérateurs à une température ambiante de 32°C (Source : Règlement type U4E pour les réfrigérateurs).....	51
Tableau 17 : Types de compartiment et températures cibles selon la norme IEC 62552-1-2-3 :2015+AMD1 :2020....	51
Tableau 18 : Classification des appareils frigorifiques	53
Tableau 19 : Schéma d'étiquetage proposé pour les réfrigérateurs et les congélateurs.....	54
Tableau 20 : Calendrier proposé pour la mise en œuvre des SMPE et des étiquettes énergétiques pour les réfrigérateurs et les congélateurs.....	55
Tableau 21 : Exigences en matière de PRG et de PACO des réfrigérants.....	56
Tableau 22 : Distribution des heures de température pour le climat OB (Groupe 2) pour les CA en mode refroidissement.....	58
Tableau 23 : Schéma d'étiquetage proposé pour les climatiseurs unitaires.....	61
Tableau 24 : Comparaison entre les SMPE recommandés de U4E et les SMPE de l'UEMOA (capacités jusqu'à 9,5 kW).....	61
Tableau 25 : Calendrier proposé pour la mise en œuvre du SMPE et des étiquettes pour les CA.....	62
Tableau 26 : Exigences relatives au PRG et au PACO des réfrigérants pour les climatiseurs selon le modèle U4E.....	63
Tableau 27 : Demande d'énergie et émissions résultantes pour les scénarios BAU et de mitigation pour les deux applications étudiées au Burkina Faso et les économies associées.....	66
Tableau 28 : Émissions directes et totales pour le scénario BAU et le scénario de mitigation (MIT) pour les deux applications étudiées au Burkina Faso et les économies associées.....	67
Tableau 29 : Facteur de croissance du PIB utilisé pour la projection des stocks dans le secteur RAC industriel. Valeurs historiques présent de la Banque mondiale	81
Tableau 30 : Demande d'énergie et émissions résultantes pour les scénarios BAU et MIT pour la réfrigération commerciale et industrielle et la climatisation commerciale au Burkina Faso et les économies associées.....	84
Tableau 31 : Émissions directes pour les scénarios BAU et SMPE pour la réfrigération commerciale et industrielle et pour la climatisation commerciale au Burkina Faso et les économies associées.....	86

Tableau 32 : Demande d'énergie et émissions résultantes pour les scénarios BAU et de mitigation pour la réfrigération industrielle au Burkina Faso et les économies associées. 96

Tableau 33 : Émissions directes et totales pour le scénario BAU et le scénario de mitigation (MIT) pour la réfrigération industrielle au Burkina Faso et les économies associées. 97

Liste des abréviations

CA	Climatiseur d'Air
AE	Énergie Annuelle
AEC	Consommation annuelle d'énergie
BAU	Business as Usual - Scénario De Base
BNO (NOU)	Bureau Nationale Ozone
CCNUCC	Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques
CCV (LCC)	Coût du cycle de vie
CEN	Comité européen de normalisation (European Committee for Standardization)
CDN (NDC)	Contribution déterminée nationale
CO ₂ eq	Équivalent de dioxyde de carbone
CSPF	Facteur de performance saisonnier de refroidissement
EE	Efficacité énergétique
EER (ou REE)	Ratio d'efficacité énergétique
GES	Gaz à effet de serre
GIEC	Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat
GWh	Gigawattheure
PRG	Potentiel de réchauffement global
HCFC	Hydrochlorofluorocarbones
HFC	Hydrofluorocarbures
HFO	Hydrofluoro-oléfine
HPMP	Plan de gestion de l'élimination progressive des HCFC
HSPF	Facteur de performance saisonnier de chauffage
CEI	Commission électrotechnique internationale
IEE	Indice d'efficacité énergétique
ISO	Organisation internationale de normalisation
AK	Amendement de Kigali
KW	Kilowatt
KWh	Kilo-watt-heure
MIT	Mitigation (ou Atténuation)
PM	Protocole de Montréal
MRV	Suivi, examen et vérification
MTCO ₂ eq	Millions de tonnes d'équivalent de dioxyde de carbone
ONG	Organisation non gouvernementale
PACO (ODP)	Potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone
PNUD	Programme des Nations unies pour le développement
PNUE	Programme des Nations unies pour l'environnement
PU	Polyuréthane
R134a	Tétra-fluoro-éthane
R22	Chlorodifluorométhane
R290	Propane
R404A	Agent de refroidissement mélangé à partir de R134a 4 %, R143a 52 %, R125 44 %.
R410A	Agent de refroidissement mélangé à partir de R32 50 %, R125 50 %.
R600a	Isobutane

R717	Ammoniac
R744	Dioxyde de carbone
RAC	Réfrigération et conditionnement d'air
SACO (SACO)	Substances appauvrissant la couche d'ozone
SAE	Énergie annuelle standard
SEER	Taux d'efficacité énergétique saisonnier
SMPE	Standards Minimaux de Performance Energétique
T C A C (CAGR)	Taux de Croissance Annuel Composé
UE	Union européenne

1 RÉSUMÉ EXÉCUTIF

Le projet ROCA (Refroidissement Respectueux de l'Ozone et du Climat en Afrique de l'Ouest et Centrale) est cofinancé conjointement par l'Union Européenne (UE) et le ministère fédéral allemand de la Coopération Economique et du Développement (BMZ) et mis en œuvre par la GIZ en tant que contribution à l'initiative mondiale de l'UE "Alliance mondiale contre le changement climatique". Les Bureaux Nationaux Ozone (BNO) et les ministères appropriés sont les principales parties prenantes de ce projet.

La demande croissante d'électricité a plusieurs implications, principalement des pénuries d'électricité plus fréquentes car la production ne répond pas à la demande accrue, ce qui entraîne d'importants investissements dans des centrales électriques supplémentaires. Cette production supplémentaire d'électricité augmentera les émissions de CO₂, contribuant ainsi au réchauffement de la planète.

Cette demande pourrait être réduite si l'énergie était utilisée plus efficacement. Par rapport au coût économique de l'installation de nouvelles centrales électriques, l'efficacité énergétique (EE) est une alternative peu coûteuse pour répondre aux besoins énergétiques du pays. En outre, les consommatrices/consommateurs économisent sur leur facture d'électricité et les émissions de CO₂ sont de ce fait réduites.

Les Standards Minimaux de Performance Energétique (SMPE – ou MEPS en anglais) et les étiquettes d'efficacité énergétique constituent l'un des outils les plus utiles pour augmenter le niveau d'efficacité énergétique des produits sur le marché. Les SMPE indiquent le niveau minimum d'efficacité énergétique des produits qui peuvent être introduits sur le marché, en éliminant les appareils les moins efficaces. L'étiquetage énergétique quant à lui, informe le consommateur des possibilités d'économies d'énergie et des avantages environnementaux liés au choix de produits plus efficaces, ce qui augmente les ventes des produits les plus efficaces et prépare le marché à l'application de normes plus strictes à l'avenir. Par exemple, le règlement européen sur l'étiquetage stipule que l'étiquette doit être révisée et mise à jour pour devenir plus ambitieuse lorsque la classe d'efficacité énergétique supérieure contient plus de 30% des produits et/ou que les deux classes d'efficacité énergétique supérieures contiennent plus de 50% des produits. En outre, dans les pays où l'électricité est totalement ou partiellement subventionnée par l'État, l'amélioration de l'efficacité énergétique des produits de consommation permettra également à l'État de réaliser des économies, qui pourront être reversées à la société grâce à des programmes de rabais destinés à aider les consommateurs à acheter des produits plus efficaces.

On pourrait penser qu'une augmentation continue de l'efficacité des produits implique une augmentation de leur prix. Cependant, l'expérience a montré que les prix des produits efficaces diminuent à mesure que de nouvelles technologies apparaissent avec des modèles encore plus efficaces. La Figure 1 montre le cas des réfrigérateurs aux États-Unis, où la consommation moyenne d'énergie diminue continuellement en raison de la mise en œuvre et de l'actualisation permanente des normes d'efficacité énergétique, sans que le prix n'augmente.

Dans ce sens, de plus en plus de pays mettent en œuvre des normes et des étiquettes dans le monde entier, en incluant d'abord les produits les plus consommateurs d'énergie, tels que les réfrigérateurs et les climatiseurs, puis en intégrant d'autres produits électriques.

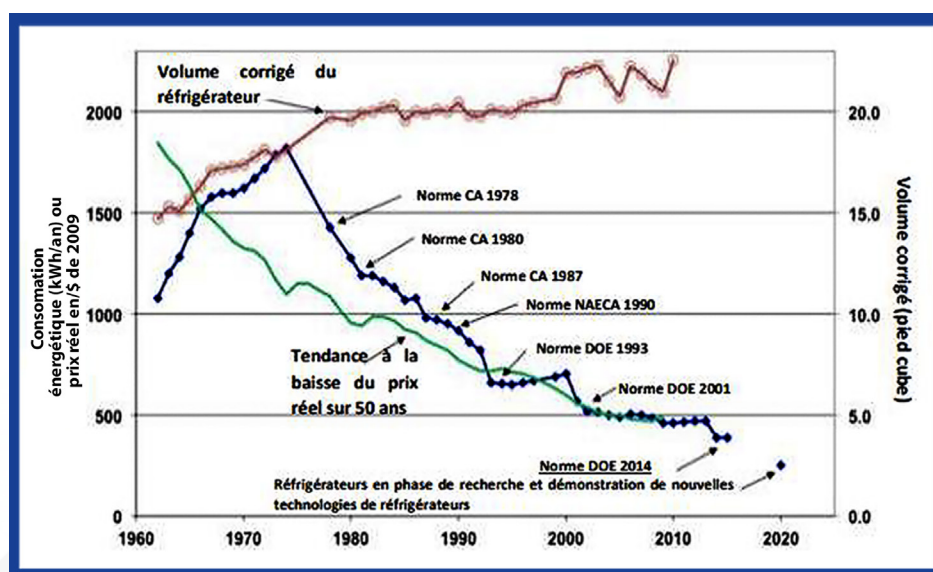


Figure 1 : Évolution de la moyenne de la consommation, du volume et du prix des réfrigérateurs aux États-Unis (Source : Département américain de l'énergie, U4E)¹.

¹ United for Efficiency (U4E), 2019 : Climate-Friendly and Energy-Efficient Refrigerators. Model Regulation Guidelines. Supporting Information. Supplement to the Refrigerators Policy Guide: "Accelerating the Global Adoption of Climate-Friendly and Energy-Efficient Refrigerators", https://united4efficiency.org/wp-content/uploads/2019/11/U4E_Refrigerators_Supporting-Info_20191029.pdf

Ce rapport recommande l'application de la réglementation en matière d'efficacité énergétique au Burkina Faso selon un processus en deux étapes : 1) application des normes et des étiquettes existantes dès que possible et de façon obligatoire, 2) mise à jour des normes à un niveau plus strict au plus tard en 2026, suivie d'une deuxième mise à jour en 2027 pour les réfrigérateurs et en 2028 pour les climatiseurs domestiques.

Sur la base des données recueillies et des meilleures pratiques internationales, des recommandations sont fournies pour les normes d'efficacité énergétique et d'étiquetage énergétique pour les réfrigérateurs et les climatiseurs domestiques. Sont fournies aussi, des recommandations concernant les installations industrielles et les moyens pour réduire les émissions des Gaz à Effet de Serre (GES) provenant de ce secteur.

L'adoption de normes avancées d'efficacité énergétique ainsi que la transition vers des réfrigérants à faible potentiel de réchauffement global (PRG) sont nécessaires pour réaliser des réductions significatives des gaz à effet de serre (GES). Il est recommandé qu'en plus de l'étiquette convenue dans le cadre de l'UEMOA sur l'efficacité énergétique des appareils de réfrigération et de climatisation, l'étiquette contienne également des informations sur le fluide frigorigène utilisé, sa quantité et son PRG.

L'adoption de normes et d'étiquettes de plus en plus ambitieuses n'entraînera pas une augmentation des coûts pour les utilisateurs finaux. Avec une augmentation possible du coût de l'électricité à l'avenir, l'introduction des normes et des étiquettes énergétiques, couplée à la compréhension de l'analyse du coût du cycle de vie des produits de réfrigération et de climatisation par les parties prenantes, conduira à des économies d'énergie pour les utilisateurs finaux, ce qui bénéficiera à l'économie Burkinabè.

Structure du rapport :

- Le chapitre 2 détaille la consommation des HCFC et des HFC au Burkina Faso,
- Le chapitre 3 couvre les évaluations du marché pour les climatiseurs unitaires, les réfrigérateurs domestiques (basées sur une étude des modèles proposés à la vente) et la réfrigération industrielle (basées sur une étude des installations industrielles) au Burkina Faso.
- Sur la base des résultats, des recommandations sur les SMPE et les étiquettes énergétiques sont élaborées et décrites au chapitre 4.
- Le chapitre 5 comprend des projections des ventes d'équipements et des équipements en service (appelés «stock») jusqu'en 2050. La demande d'énergie et les émissions de GES sont projetées pour un scénario de maintien du statu quo (BAU) et pour un scénario de mitigation (MIT), qui est basé sur la mise en œuvre de la proposition de SMPE et l'utilisation des réfrigérants à bas PRG.
- Les émissions provenant de la climatisation des véhicules sont traitées au chapitre 6.
- Le chapitre 7 est consacré à la réfrigération et la climatisation industrielles et traite les mêmes éléments qu'au chapitre 5, à savoir l'évaluation du marché Burkinabè, la demande d'énergie, l'émission de GES et les moyens de réduire ces émissions.
- Une vue générale de la demande d'énergie et des émissions qui en découlent est traitée dans le chapitre 8, et couvrant tous les secteurs RAC.
- Les principales conclusions et recommandations sont détaillées dans le chapitre 9.



2 CONSOMMATION DE HFC ET DE HCFC ET RÉPARTITION SECTORIELLE

Les informations sur la consommation nationale de HFC ont été fournies par le Bureau National Ozone (BNO). Le Burkina Faso importe toutes les quantités consommées et les HFC ne sont utilisés que pour l'entretien dans le secteur de la réfrigération et de la climatisation². Tableau 1 montre la consommation annuelle par substance, y compris le R-22, au Burkina Faso. La consommation annuelle totale de HFC est suivie depuis 2018 et était légèrement inférieure à 400 tonnes en 2018 et 2019. En 2020 et 2021, la quantité a été plus faible, probablement en raison des perturbations causées par la pandémie de COVID-19. Toutefois, en 2022, la consommation de HFC-134a et de HFC-410A se rétablit légèrement. Le R-22 présente une tendance négative, les quantités annuelles passant d'environ 200 tonnes à moins de 100 tonnes.

Tableau 1 : Consommation de HFC et HCFC au Burkina Faso (données HCFC Phase-Out Management Plans (HPMP)³) Source : (MLF, 2023).

Substance	GWP	2018	2019	2020	2021	2022
HCFC-22	1960	189.1	148.0	115.5	105.0	96.5
HFC-134a	1530	324.5	333.3	259.9	207.7	222.0
HFC-410A	2256	27.4	33.61	29.5	22	24.6
HFC-407C	1908	5.7	3.39	3.39	2.72	2.2
HFC-404A	4728	16.5	17.72	17.72	9.22	7.2
HFC-32	771	0	0.34	0.34	0.84	1
HC-600a	1	18.23	22.77	22.46	24.3	-
HC-290	1	0	0.41	0.41	0.6	-
Total (t)		581.42	559.5	449.21	372.38	353.5
HCFC-22	1960	370616.4	290080	226282	205800	189140
HFC-134a	1530	496485	509887.8	397708.2	317781	339660
HFC-410A	2256	61814.4	75824.16	66552	49632	55497.6
HFC-407C	1908	10875.6	6468.12	6468.12	5189.76	4197.6
HFC-404A	4728	78012	83780.16	83780.16	43592.16	34041.6
HFC-32	771	0	262.14	262.14	647.64	771
HC-600a	1	18.23	22.77	22.46	24.3	-
HC-290	1	0	0.41	0.41	0.6	-
Total (tCO eq)₂		1017821.63	966325.56	781075.49	622667.5	623307.8

En outre, le Tableau 2 présente les mêmes données que celles communiquées par le pays dans les plans de gestion de l'élimination progressive des HCFC (HPMP) par secteur et par réfrigérant pour l'année 2021.

² Informations fournies par les NOU
³ Proposition de projet pour la phase II du plan de gestion de l'élimination des HCFC (HPMP) pour le Burkina Faso, 2023

Tableau 2 : Consommation de HFC et HCFC par secteur au Burkina Faso.

Sous-secteur	HCFC-22	HFC-134a	HFC-410A	HFC-407C	HFC-404A	HFC-32	HC-600a	HC-290	Total	Partie
Climatisation (2,6 kW)	12,166	0	1,389	171	0	0	0	0	13,726	3%
Climatisation (3,5 kW)	45,623	0	5,211	644	0	0	0	0	51,478	12%
Climatisation (5,25 kW)	54,748	0	8,910	1,102	0	0	0	0	64,760	15%
Climatisation (7 kW)	6,083	0	990	122	0	0	0	0	7,196	2%
Climatisation (≥7 kW)	33,795	10,385	5,500	680	0	0	0	0	50,360	12%
Vitrines, chambres froides et machines à glace	1,000	10,385	0	0	9,220	0	0	600	21,205	5%
Réfrigération domestique	0	62,310	0	0	0	0	24,300	0	86,610	21%
Voitures (CA mobile)	0	124,620	0	0	0	0	0	0	124,620	30%
Total	153,415	207,700	22,000	2,719	9,220	0	24,300	600	419,954	100%
t CO₂ eq										
Climatisation (2,6 kW)	23846	0	3135	326	0	0	0	0	27306	4%
Climatisation (3,5 kW)	89422	0	11755	1229	0	0	0	0	102406	14%
Climatisation (5,25 kW)	107306	0	20101	2102	0	0	0	0	129509	18%
Climatisation (7 kW)	11923	0	2233	234	0	0	0	0	14390	2%
Climatisation (≥7 kW)	66238	15889	12408	1297	0	0	0	0	95833	13%
Vitrines, chambres froides et machines à glace	1960	15889	0	0	43592	0	0	1	61442	9%
Réfrigération domestique	0	95334	0	0	0	0	24	0	95359	13%
Voitures (CA mobile)	0	190669	0	0	0	0	0	0	190669	27%
Total	300694	317781	49632	5188	43592	0	24	1	716912	100%

Le secteur le plus consommateur au Burkina Faso est le froid domestique, suivi par le secteur de la climatisation commerciale (Climatisation 3,5kW, 5,25kW, 7kW et ≥7kW) et par la climatisation mobile. La climatisation domestique et la réfrigération industrielle et commerciale (vitrines, chambres froides et machines à glace) sont moins pertinentes. Toutefois, en termes d'équivalence en CO₂, la climatisation commerciale dépasse la réfrigération domestique en tant que secteur le plus critique en termes de potentiel de réduction des émissions.

Une caractérisation plus spécifique de ces secteurs, y compris des estimations du nombre d'appareils, de la taille moyenne des charges et des montants requis pour l'entretien, est présentée dans les sous-chapitres respectifs.

3 ÉVALUATION DE L'INVENTAIRE DES SOUS-SECTEURS DE LA CLIMATISATION ET DE LA REFRIGERATION DOMESTIQUE ET INDUSTRIELLE

Cette étude couvre une large section du secteur de la réfrigération et de la climatisation au Burkina Faso. Deux enquêtes ont été menées pour fournir la base de données nécessaire à l'analyse de la situation du marché, des équipements utilisés ainsi que leurs émissions actuelles et les projections jusqu'en 2050. La première enquête a recueilli des données sur les réfrigérateurs résidentiels et les climatiseurs split. La deuxième enquête s'est concentrée sur la réfrigération industrielle et certaines applications de la réfrigération commerciale. Le Tableau 3 fournit des détails sur la couverture de l'inventaire.

Tableau 3 : Sous-secteurs et applications évalués du secteur RAC au Burkina Faso.

Sous-secteur	Application	Couvert par cette étude ?
CA unitaire	Autonome	Non (trop petit en nombre)
	Split résidentiel (sans conduits)	Oui (plusieurs gammes de capacités)
	Split avec conduits	Non
	Rooftop avec conduits	Non
Refroidisseur	Multi-split, VRF/VRV	Non
	Pour la climatisation	Oui (sans attribution a des installations spécifiques)
CA mobile	Pour les procédés industriels	Oui (sans attribution a des installations spécifiques)
	Petit : voitures pour passagers, camionnettes, Pick-up, SUV	Oui (sans attribution a des installations spécifiques)
Réfrigération domestique	Grand : Bus, Trains, etc.	
	Réfrigérateurs et congélateurs	Oui
Réfrigération Commerciale	Réfrigérateurs et congélateurs standalone	Oui
	Unité de condensation	Oui (chambre de stockage)
	Système centralisé (pour supermarchés)	Non
Réfrigération industrielle	Standalone (unités intégrales)	Non
	Unités de condensation	Non
Réfrigération dans le transport	Système centralisé	Oui (Production de glace)
	Remorques, camions, camionnettes	Non

3.1 Enquête sur l'inventaire de la climatisation et la réfrigération domestique

Le processus de collecte de données a été complété par une équipe d'enquêteurs locaux contractés par la GIZ, sous la supervision et la gestion de HEAT. Les enquêteurs sélectionnés ont été formés par HEAT sur une période de 2 jours, du 22 et 24 septembre 2022, sur les technologies RAC d'intérêt et le processus de collecte de données. Une réunion de suivi a été organisée le 26 octobre pour l'analyse des données collectées et des recommandations pour la suite de l'enquête.

La formation comprenait les sujets suivants :

- Approche de collecte de données et catégorisation des unités de climatisation et de réfrigération ;
- Lecture des plaques signalétiques des appareils sélectionnés ;
- Lecture et compréhension des étiquettes énergétiques ;
- Lecture et compréhension des fiches techniques et des spécifications ;
- Vérification et confirmation des données collectées ;
- Téléchargement des données et des photos collectées dans une base de données en ligne spécifiquement créée pour cet inventaire.

L'inventaire a couvert les villes principales suivantes : Ouagadougou, Bobo-Dioulasso, Koudougou, Ouahigouya et Banfora.

À la fin de la formation, les enquêteurs ont effectué une collecte de données pilotes à Ouagadougou, et une séance de suivi a été tenue avec les experts de HEAT pour examiner ensemble les données recueillies et répondre à toutes les questions et demandes de renseignements avant le lancement officiel des enquêtes dans les quatre villes.

3.1.1 Processus de collecte des données - Climatiseurs et réfrigérateurs domestiques

Les données de cet inventaire ont été recueillies auprès de sources primaires et secondaires.

Pour les données primaires, une évaluation complète du marché, dans cinq (05) grandes villes du pays, a été effectuée dans les magasins locaux, les points de vente et les salles d'exposition désignées. Ces villes ont été choisies en fonction de certains critères comme le nombre d'habitants, les zones climatiques et l'activité économique et industrielle. Cet inventaire a abouti à un total des entrées comme suit :

- Climatiseurs d'Air (CA) unitaires : 207 entrées, de 29 marques.
- Réfrigérateurs domestiques : 255 entrées, de 41 marques différentes.

Pour les climatiseurs unitaires, le total de 207 entrées est réparti entre les différentes villes comme suit (voir Figure 2) :

- Ouagadougou : 190 entrées
- Bobo-Dioulasso : 8 entrées
- Ouahigouya : 9 entrées

Distribution d'échantillons de climatiseurs

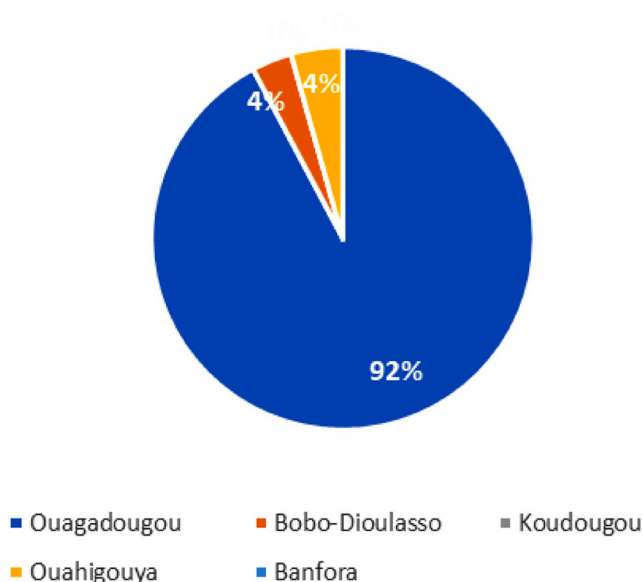


Figure 2 : Distribution de l'échantillonnage des climatiseurs d'Air (CA) par ville.

Pour les réfrigérateurs domestiques le total de 255 entrées est réparti entre les différentes villes comme suit (voir Figure 3) :

- Ouagadougou : 109 entrées
- Bobo-Dioulasso : 37 entrées
- Koudougou : 41 entrées
- Ouahigouya : 25 entrées
- Banfora : 43 entrées

Distribution d'échantillons de réfrigérateurs

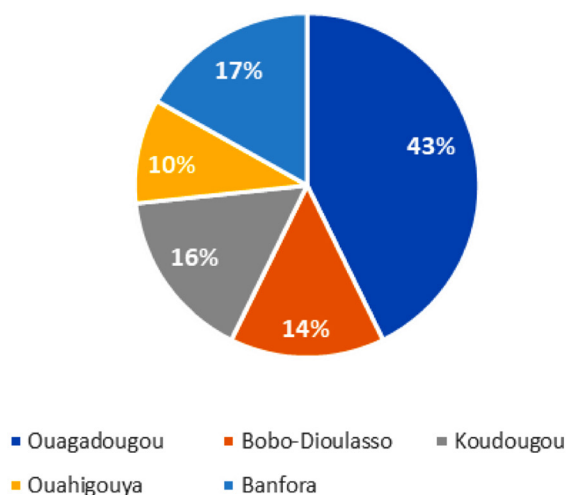


Figure 3 : Distribution de l'échantillonnage des réfrigérateurs domestiques par ville.

Des données secondaires ont été utilisées à partir de :

- Données statistiques ;
- Examen des enquêtes précédentes et des données correspondantes ;
- Bureaux des douanes pour les équipements et les fluides frigorigènes importés ;
- Documents commerciaux officiels ;
- Valeurs par défaut du GIEC ;
- Opinions d'experts.

Les données actuelles et historiques sont fondées, lorsqu'elles sont disponibles, sur des données factuelles provenant des sources énumérées ci-dessus. Les projections futures sont fondées sur des données statistiques sur les projections de la croissance démographique et économique du pays.

Il est, cependant, important de noter le marché des produits d'occasion, courants dans le pays, avec 17% des unités de climatisation unitaire et 9,8% des réfrigérateurs qui sont des produits de seconde main comme le montre la Figure 4 ci-dessous.

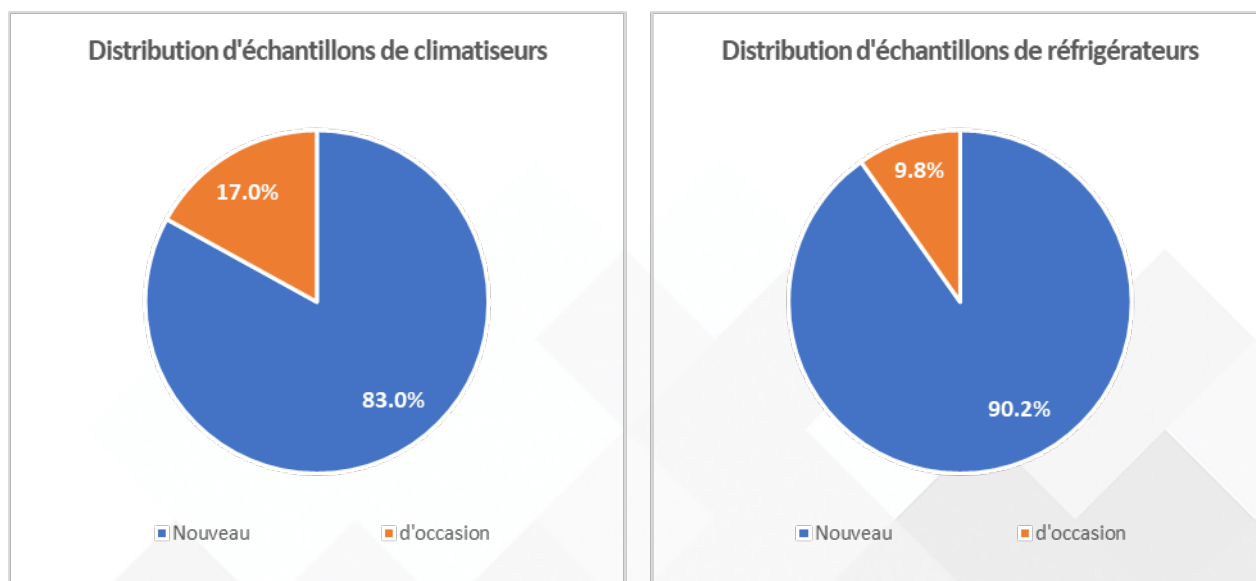


Figure 4 : Distribution du marché de seconde main des CA et les réfrigérateurs domestiques au Burkina Faso.

Une **difficulté** a été rencontrée au cours des travaux de collecte de données à partir des sources de données primaires :

- Réticence à fournir des informations ou volonté de ne fournir que des informations partielles en raison de la politique de confidentialité des entreprises.
- Manque d'informations techniques sur les produits fabriqués et assemblés localement.

3.2 Processus de collecte des données - Réfrigération industrielle⁴

Le froid industriel est un procédé essentiel pour la conservation des denrées alimentaires d'origine animale ou végétale, car il est le seul à préserver les propriétés nutritionnelles des produits. La bonne conservation des denrées périssables repose sur le respect de la chaîne de froid.

La délimitation entre les applications industrielles et commerciales n'est pas toujours possible. En particulier, les installations de stockage ou les refroidisseurs peuvent faire partie des deux secteurs, en fonction de l'utilisation spécifique et de la localisation. Par exemple, une chambre froide située dans une usine de transformation alimentaire peut être considérée comme une application industrielle, tandis qu'une chambre froide dans un supermarché fait partie de la réfrigération commerciale. La technologie est la même, les deux sont des unités de condensation. Dans cette enquête, toutes les chambres froides étudiées sont considérées comme faisant partie du secteur industriel. Des problèmes similaires se posent avec les refroidisseurs et d'autres applications de conditionnement d'air plus importantes. Ils peuvent être utilisés pour le refroidissement de processus ou la climatisation de confort. Les premiers font partie des applications industrielles, les seconds sont généralement comptabilisés comme des unités de climatisation ou des refroidisseurs dans le sous-secteur de la climatisation stationnaire.

Les installations de climatisation de confort dans les bâtiments sont en majorité des équipements individuels (climatiseurs individuels). Les installations de climatisation centralisée sont très peu répandues.

L'étude sur les installations d'équipements de froid dans l'industrie, le commerce et la climatisation centralisée dans les bâtiments a été réalisée dans les villes de Ouagadougou, de Bobo Dioulasso, de Koudougou, de Banfora et de Ouahigouya. La collecte des données a été réalisée grâce à des fiches d'enquête élaborées par le Bureau HEAT.



Les informations et les données sur les installations d'équipements de froid dans l'industrie agro-alimentaire, la logistique, la conservation des médicaments au niveau des structures de la santé et les bâtiments à climatisation centralisée, y compris les années d'installation, la capacité de refroidissement, les réfrigérants utilisés, la charge de réfrigérant, le taux de fuite de réfrigérant, la consommation annuelle d'énergie et la performance énergétique ont été collectées.

Au cours de l'enquête, l'équipe a rencontré :

- Plusieurs conteneurs frigorifiques vétustes, dont les plaques signalétiques étaient illisibles, utilisés comme chambre froide ;
- Quelques chambres froides en maçonnerie traditionnelle ou en panneaux sandwich ;
- Plusieurs réfrigérateurs/congélateurs de grand volume largement utilisés dans les boutiques, les restaurants, les supers marches, les pharmacies etc. ;
- Des vitrines réfrigérées dans les supers marchés, les stations d'essence, les pâtisseries etc. ;
- Des fabriques de glace artisanales et industrielles.

3.3 Méthodologie de l'enquête sur l'inventaire sectoriel

L'échantillon de données collecté est utilisé pour estimer le statu quo des appareils actuellement disponibles sur le marché.

L'évaluation est basée sur la méthodologie de niveau 2 du GIEC couvrant à la fois le fluide frigorigène, c'est-à-dire

⁴ Plus de détails dans le rapport complet de l'inventaire produit par le consultant de la GIZ.

les émissions directes et les émissions liées à l'énergie, c'est-à-dire les émissions indirectes, pour les appareils de refroidissement utilisés. Sur la base des projections des ventes et des stocks d'équipements, hypothèses détaillées par sous-secteur au chapitre 5, cette méthodologie est utilisée pour calculer les émissions futures du scénario de base, la consommation d'énergie jusqu'en 2050 et l'effet des options de mitigation.

La méthodologie de niveau 2 proposée permet la préparation d'actions de mitigation des GES (telles que les contributions déterminées au niveau national (CDN) dans les sous-secteurs RAC pertinents et l'intégration du secteur de la réfrigération et de la climatisation (RAC) dans le développement des CDN et le rapport des actions de mitigation dans le cadre des Communications Nationales (NC) et des rapports de mise à jour biennaux (BUR) dans le cadre des engagements avec la Convention-cadre des Nations unies sur les changements climatiques (CCNUCC).

L'estimation des émissions directes, liées aux réfrigérants, pendant toutes les étapes de la vie de l'appareil comprend les réfrigérants qui sont introduits dans les produits nouvellement fabriqués, disponibles dans les systèmes en fonctionnement (stocks annuels moyens) et ceux qui restent dans les produits au moment de leur mise hors service. Les émissions indirectes, liées à l'électricité, représentent l'électricité utilisée pendant le fonctionnement des appareils.

L'échantillon de données collecté est utilisé pour estimer le statu quo des appareils actuellement disponibles sur le marché. Ces informations alimentent le modèle de stock vintage, dans lequel l'utilisation de réfrigérant et l'efficacité énergétique des modèles vendus sont projetées pour un scénario de statu quo et un scénario de mitigation, qui est informé par le Standard Minimal de Performance Énergétique (SMPE) proposé - appelé génériquement «activité de projet» dans la description de la méthodologie.

L'activité du projet affecte directement deux sources d'émissions : (1) l'utilisation de réfrigérants (émissions directes) et (2) la consommation d'électricité du réseau découlant de l'utilisation d'appareils de refroidissement et de réfrigération⁵ (émissions indirectes). Les émissions de référence et les émissions du projet incluent donc les deux termes comme dans l'équation 1 :

$$\textbf{Equation 1} : EM_{totale,y} = EM_{refrigérant\ utilisé,y} + EM_{electricité\ utilisé,y}$$

Où

$EM_{totale,y}$	Émissions annuelles totales de gaz à effet de serre résultant de l'exploitation de climatiseurs monoblocs [t CO ₂ eq].
$EM_{refrigérant\ utilisé,y}$	Émissions annuelles de gaz à effet de serre provenant des réfrigérants utilisés pour les climatiseurs monoblocs [t CO ₂ eq].
$EM_{electricité\ utilisé,y}$	Émissions de gaz à effet de serre dues à l'électricité utilisée pour faire fonctionner les climatiseurs monoblocs [t CO ₂ eq].

La réduction des émissions est calculée en soustrayant les émissions du projet des émissions de référence et représente la somme de la réduction des émissions de réfrigérants et de la réduction des émissions liées à la consommation d'énergie électrique.

La limite du projet est dans le cadre où les unités de climatisation ou les réfrigérateurs sont utilisés, comme le montre la Figure 5. Les émissions provenant des chaînes d'approvisionnement en réfrigérants et du transport de l'électricité ne sont pas incluses, car elles sont en dehors du champ d'application de la théorie du changement du projet et de ses interventions associées.

Les caractéristiques des deux sources - réfrigérant et consommation d'énergie - sont très différentes et nécessitent des méthodologies d'estimation différentes. Cependant, toutes deux sont basées sur un modèle de stock existant, dans lequel les appareils présentant certaines caractéristiques, telles que le type de réfrigérant et l'efficacité énergétique, sont suivis tout au long de leur cycle de vie. Ainsi, pour chaque année, le nombre de climatiseurs individuels ou de réfrigérateurs avec un réfrigérant spécifique est connu (calculé ou estimé) parmi les ventes annuelles, le stock et les unités qui sont mises hors service.

⁵ Les méthodes d'estimation de la consommation d'énergie diffèrent selon le type d'appareil.

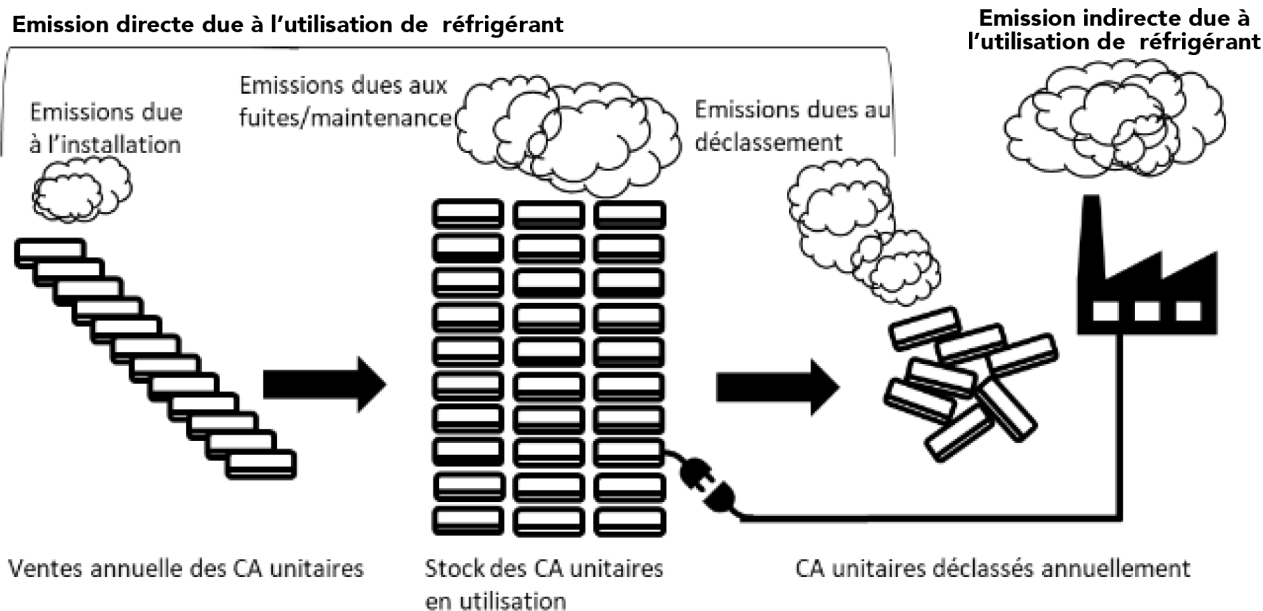


Figure 5 : Émissions incluses dans le champ d'application de ce projet (propre illustration).

L'objectif de la méthodologie est de permettre une approche sectorielle, par laquelle des paramètres unitaires moyens sont développés pour obtenir des résultats sectoriels représentatifs avec un effort raisonnable. Les résultats de l'inventaire des équipements sont une série chronologique d'émissions de référence passées et présentes, permettant une projection des émissions de référence futures et des effets des scénarios de mitigation possibles.

3.3.1 Le modèle de stock vintage

L'utilisation de modèles de stocks pour suivre les émissions de réfrigérants est recommandée dans le GIEC (2006)⁶ Guidelines for National GHG Inventories pour l'approche du facteur d'émission de niveau 2. Un modèle de stock vintage est utilisé pour suivre la composition du stock d'unités en termes d'utilisation de réfrigérants et d'efficacité énergétique. Cette opération est effectuée séparément pour chaque type d'appareil. Chaque année, le nombre d'appareils vendus est ajouté au stock et le nombre d'appareils mis hors service est déduit. Pour les appareils ajoutés et déclassés, leurs caractéristiques en termes de réfrigérant utilisé et d'efficacité énergétique sont soit contrôlées, soit estimées sur la base des tendances du marché. Ainsi, la composition du stock est mise à jour chaque année et l'évolution de l'utilisation des réfrigérants et de l'efficacité énergétique du stock peut être suivie.

Les formules utilisées sont les mêmes pour modéliser les évolutions passées et futures du marché. Ce qui est différent, c'est la manière dont les caractéristiques des unités sont déterminées. Pour les évolutions passées, des études de marché ou des enquêtes peuvent être utilisées comme base pour l'extrapolation à l'échelle du stock. Les évolutions futures sont basées sur les projections de stocks ou de ventes et sur d'autres hypothèses concernant l'utilisation des réfrigérants et les améliorations de l'efficacité énergétique, en tenant compte de la mise en œuvre de l'amendement de Kigali et des politiques établies pour améliorer l'efficacité énergétique.

Le calcul des émissions est effectué à l'aide des paramètres des unités suivies et du nombre d'appareils possédant des valeurs de paramètres particulières, telles que la capacité, l'efficacité énergétique, le réfrigérant et la charge de réfrigérant. Les formules pour la constitution du stock et la répartition des paramètres sont les suivantes. Les ventes de l'année en cours sont ajoutées au stock à la fin de l'année et font donc partie du stock des années suivantes jusqu'à leur mise hors service. De même, le nombre d'appareils déclassés est soustrait du stock à la fin de l'année.

La série chronologique pour la constitution du stock commence suffisamment tôt pour couvrir une rotation complète du stock. Au cours des premières années, lorsque l'année étudiée correspond à la durée de vie du produit du premier millésime (les ventes de la première année), le stock se constitue et aucun déclassé d'appareils n'est inclus. La première année, lorsque le stock est représentatif, est l'année où une durée de vie complète est couverte. Pour les climatiseurs individuels, cette durée est généralement d'environ 10 ans, mais la durée de vie exacte du produit dépend des circonstances nationales et est déterminée au niveau national. Pour les réfrigérateurs, la durée de vie du produit est généralement comprise entre 15 et 20 ans.

⁶ <https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>

Ainsi, pour les années comprises dans la durée de vie du premier millésime, la formule de constitution du stock est la suivante :

$$\textbf{Equation 2} : Stock_y = Stock_{y-1} + Ventesy_{y-1} - EOL_{y-1}$$

$$\textbf{Equation 3} : EOL_{y-1} = 0$$

Où :

Ventes_y Nombre d'unités d'appareils vendus au cours de l'année y

Stock_y Nombre d'appareils utilisés au cours de l'année y

y Une année spécifique

Pour les années où la durée de vie du produit du premier millésime est dépassée, le nombre d'appareils déclassés est inclus dans la formule.

$$\textbf{Equation 4} : Stock_y = Stock_{y-1} + Ventesy_{y-1} - EOL_{y-1}$$

$$\textbf{Equation 5} : EOL_{y-1} = Ventesy-LT-1$$

Où

EOL_y Nombre d'appareils qui sont mis hors service dans l'année y

LT Durée de vie du produit de l'appareil [y]

La composition du stock en termes d'appareils utilisant un certain réfrigérant ou ayant une certaine efficacité énergétique est calculée selon le même principe que pour la constitution du stock. Les formules sont présentées ici pour la répartition des réfrigérants. Pour l'efficacité énergétique, elles suivent la même logique.

La formule pour les années de la durée de vie du premier millésime additionne simplement les ventes d'appareils contenant un certain réfrigérant. Ce calcul est répété pour chaque réfrigérant présent sur le marché.

$$\textbf{Equation 6} : Stock_{r,y} = Stock_{r,y-1} + Ventesy_{y-1} * RefDistrVentesy_{r,y-1} - EOL_{r,y-1}$$

$$\textbf{Equation 7} : EOL_{r,y-1} = 0$$

Où

Stock_{r,y} Nombre d'appareils en service l'année y qui contiennent du réfrigérant r

Ventes_{r,y} Nombre d'appareils vendus au cours de l'année y qui contiennent du réfrigérant r

RefDistrVentesy_{r,y} Portion d'appareils dans les ventes de l'année y, contenant du réfrigérant r

Pour les années où la durée de vie du premier millésime est dépassée, le nombre d'unités mises hors service contenant le réfrigérant spécifique est inclus dans la formule.

$$\textbf{Equation 8} : Stock_{r,y} = Stock_{r,y-1} + Ventesy_{y-1} * RefDistrVentesy_{r,y-1} - EOL_{r,y-1}$$

$$\textbf{Equation 9} : EOL_{r,y-1} = Ventesy-LT-1 * RefDistrVentesy_{r,y-LT-1}$$

Où

EOL_{r,y} Nombre d'appareils qui sont mis hors service au cours de l'année y contenant Un réfrigérant r

3.3.2 Émissions de réfrigérants

La méthodologie utilisée pour calculer les émissions de réfrigérants est basée sur la désagrégation de niveau 2 des lignes directrices et des formats de rapport de la CCNUCC et du GIEC 2006. Elle suit l'approche du facteur d'émission, dans laquelle l'occurrence des émissions tout au long du cycle de vie d'un appareil est suivie. Selon le GIEC 2006, quatre phases du cycle de vie sont incluses, comme présenté dans l'équation 10.

$$\text{Equation 10} : E_{totale,t} = E_{conteneurs,t} + E_{Charge,t} + E_{duree\ de\ vie,t} + E_{fin\ de\ vie,t}$$

Où :

t Une certaine période de temps, généralement un an.

$E_{conteneurs,t}$ Liées à la gestion des conteneurs de réfrigérants [t CO₂ eq].

$E_{charge,t}$ Émissions liées à la charge de réfrigérant : connexion et déconnexion du conteneur de réfrigérant et du nouvel équipement à charger [t CO₂ eq].

$E_{duree\ de\ vie,t}$ Émissions annuelles des banques de réfrigérants associées aux six sous-applications pendant l'exploitation (émissions fugitives et ruptures) et l'entretien [t CO₂ eq].

$E_{fin\ de\ vie,t}$ Émissions à la fin de vie du système [t CO₂ eq].

Le périmètre du projet exclut les émissions qui proviennent de lieux autres que ceux où les appareils sont utilisés. Ainsi, les émissions provenant des conteneurs de réfrigérant sont exclues. Il s'agit également d'une précaution contre le double comptage, car les émissions provenant de la manutention des conteneurs sont généralement calculées à un niveau plus désagrégé - par exemple, à partir de l'entrée de réfrigérant en vrac enregistrée.

Comme les émissions se produisent à différents moments de la vie d'un appareil, il est important de se référer aux émissions d'une année spécifique.

La première partie de la formule est équivalente à E_{charge} la deuxième partie à $E_{duree-de-vie}$ et la troisième partie à

$E_{fin-de-vie}$ de la formule ci-dessus. Les émissions incluses dans les limites du projet sont illustrées en Figure 6 avec l'exemple des climatiseurs unitaires, mais la logique est la même pour tous les appareils, en utilisant des facteurs d'émission spécifiques aux appareils.

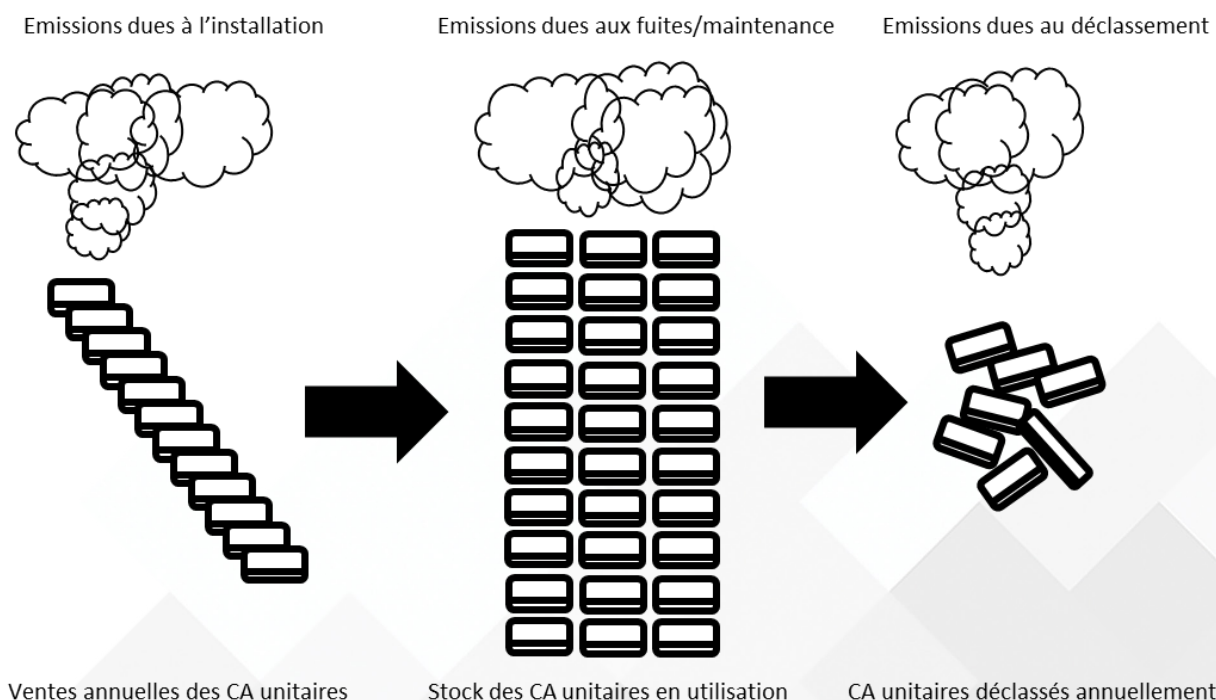


Figure 6 : Approche pour le calcul des émissions dues aux réfrigérants (propre illustration).

Equation 11 : $EM_{\text{refrigérant utilisé},y}$.

$$= \sum_r (Ventes_{r,y} * IC * EF_{fy} + Stock_{r,y} * IC * EF_{utilisé} + EOL_{r,y} * IC * EF_{EOL}) * PRG_r / 1000$$

Equation 12 : $EM_{\text{refrigérant utilisé},LT} = IC * (EF_{fy} + EF_{utilisé} * (LT - 1) + EF_{EOL}) * PRG_r / 1000$

Où :

r	Espèces de réfrigérants (principalement R22, R410a, R32, R290).
$Ventes_{r,y}$	Nombre d'appareils vendus l'année y , utilisant le réfrigérant r .
$Stock_{r,y}$	Nombre d'appareils en service l'année y , utilisant le réfrigérant r .
$EOL_{r,y}$	Nombre d'appareils qui sont mis hors service au cours de l'année y , utilisant le réfrigérant r .
IC	Charge initiale moyenne de l'appareil [kg].
EF_{fy}	Facteur d'émission pour le réfrigérant pendant l'installation, en pourcentage de la charge initiale [%].
$EF_{utilise}$	Facteur d'émission pour le réfrigérant pendant l'utilisation, en pourcentage de la charge initiale [%].
EF_{EOL}	Facteur d'émission pour le réfrigérant pendant la mise hors service, en pourcentage de la charge initiale [%].
PRG_r	Potentiel de réchauffement global (sur 100 ans) du réfrigérant r , tel qu'indiqué dans le sixième rapport d'évaluation du GIEC sur le réfrigérant r .
LT	Durée de vie moyenne de l'appareil [années].

Les valeurs par défaut des facteurs d'émission et des charges initiales sont fournies par le GIEC 2006, mais les valeurs déterminées au niveau national sont préférables.

Pour calculer les réductions d'émissions, les émissions sont calculées pour les conditions de base et les conditions du projet. Il est donc important d'analyser l'influence des interventions du projet sur les paramètres. Les actions de mitigation influencent généralement le choix du réfrigérant dans les ventes unitaires et/ou les facteurs d'émission.

Pour déterminer la réduction des émissions de réfrigérants résultant de l'introduction d'appareils utilisant un réfrigérant naturel, la formule ci-dessus est appliquée uniquement pour le nombre d'appareils efficaces en vente.



Equation 13 : $ER_{refrigérant\ utilisé, NatRef, y}$
 $= (Ventes_{NatRef, y} * IC * EF_{fy} + Stock_{NatRef, y} * IC * EF_{utilisé, BL} + EOL_{NatRef, y} * IC * EF_{EOL, BL}) * (PRG_{BL} - PRG_{NatRef}) / 1000$

Equation 14 : $ER_{refrigérant\ utilisé, CAvert, LT}$
 $= IC * (EF_{fy} + EF_{utilisé, BL} * (LT - 1) + EF_{EOL, BL}) * (PRG_{BL} - PRG_{NatRef}) / 1000$

Où :

$ER_{utilisation\ de\ réfrigérants\ Nat, y}$	Réduction des émissions due à l'introduction de réfrigérants naturels au cours de l'année y [t CO ₂ eq].
$ER_{utilisation\ de\ réfrigérant\ Nat, LT}$	Réduction des émissions due à l'introduction d'un réfrigérant naturel pendant la durée de vie de l'appareil [t CO ₂ eq].
$Sales_{NatRef, y}$	Nombre d'appareils vendus utilisant des réfrigérants naturels au cours de l'année y.
$Stock_{NatRef, y}$	Nombre d'appareils utilisant des réfrigérants naturels en service l'année y, tel que calculé par le modèle vintage modèle de stock.
$EOL_{NatRef, y}$	Nombre d'appareils utilisant des fluides frigorigènes naturels qui sont mis hors service au cours de l'année y, tel que calculé par le modèle de stock ancien.
IC	Charge initiale moyenne de réfrigérant de l'appareil [kg].
EF_{fy}	Facteur d'émission pour le réfrigérant pendant l'installation, en pourcentage de la charge initiale [%].
$EF_{utilise, BL}$	Facteur d'émission pour le fluide frigorigène pendant l'utilisation, en pourcentage de la charge initiale [%] dans la ligne de base.
$EF_{EOL, BL}$	Facteur d'émission pour le réfrigérant pendant la mise hors service, en pourcentage de la charge initiale [%] dans la ligne de base.
PRG_{BL}	Potentiel de réchauffement planétaire moyen (période de 100 ans) des réfrigérants utilisés dans la base de référence, valeurs de PRG telles que fournies dans le sixième rapport d'évaluation du GIEC (car il s'agit de la référence pour les rapports à la CCNUCC).
PRG_{NatRef}	Potentiel de Réchauffement Global (période de 100 ans) du réfrigérant naturel utilisé, valeur PRG telle que fournie dans le sixième rapport ⁸ d'évaluation du GIEC (IPCC).
LT	Durée de vie moyenne de l'appareil [années].

Dans le cas où la formation des techniciens fait partie des activités du projet, son effet de réduction des émissions sur les émissions de tous les appareils en service est calculé sur la base du stock annuel total des équipements en service qui utilisent un réfrigérant de référence.

$$\text{Equation 15 : } ER_{refrigerant\ use,training,y} = Stock_{BL,y} * IC * (EF_{use,BL} - EF_{use,PR}) * PRG_{BL}/1000$$

$$\text{Equation 16 : } ER_{refrigerant\ use,training,LT} = IC * (EF_{use,BL} - EF_{use,PR}) * (LT - 1) * PRG_{BL}/1000$$

Où :

ER utilisation de réfrigérants, formation, y de l'année y [t CO ₂ eq]	Réduction des émissions résultant de la formation des techniciens au cours.
ER utilisation de réfrigérant, formation, LT	Réduction des émissions due à la formation des techniciens pendant la durée de vie de l'appareil [t CO ₂ eq].
Stock _{BL,y}	Nombre de climatiseurs individuels utilisés qui ne sont pas des réfrigérants naturels au cours de l'année y, tel que calculé par le modèle de stock vintage
IC	Charge initiale moyenne de réfrigérant de l'appareil [kg].
EF _{use,BL}	Facteur d'émission pour le fluide frigorigène pendant l'utilisation, en pourcentage de la charge initiale [%] dans la ligne de base.
EF _{use,PR}	Facteur d'émission pour le réfrigérant pendant l'utilisation, en pourcentage de la charge initiale [%] en raison de la formation.
PRG _{BL}	Potentiel de réchauffement planétaire moyen (période de 100 ans) des réfrigérants utilisés dans la base de référence, valeurs de PRG telles que fournies dans le sixième rapport d'évaluation du GIEC.
LT	Durée de vie moyenne d'un appareil [années].

Tout effet de réduction des émissions résultant de la formation des techniciens et de l'amélioration de l'infrastructure de collecte des réfrigérants est calculé sur la base de la quantité de réfrigérants collectés qui est livrée aux points de collecte.

$$\text{Equation 17 : } ER_{refrigerant\ use,collection,y} = (A_{EOL,PR,y} - A_{EOL,BL,y}) * GWP_{BL}/1000$$

Où :

ER refrigerant utilise, collection, y	Réduction des émissions due à l'amélioration de la collecte des réfrigérants au cours de l'année y [t CO ₂ eq].
AEOL,PR,y	Quantité de réfrigérant collectée l'année y pendant la période du projet [kg].
AEOL,BL,y	Quantité moyenne de réfrigérant collecté au cours d'une année précédant la période du projet [kg].
PRG _{BL}	Potentiel de réchauffement global moyen (sur 100 ans) des réfrigérants utilisés dans la base de référence, valeurs de PRG telles que fournies dans le sixième rapport d'évaluation du GIEC.

3.3.3 Émissions énergétiques

Les émissions dues à la consommation d'énergie ne se produisent que pendant la phase d'utilisation des appareils. La production d'électricité utilisée par les appareils entraîne des émissions dans les centrales électriques en fonction du mix énergétique national (Figure 7 en prenant l'exemple des climatiseurs unitaires).

Emissions dues à la production de l'électricité

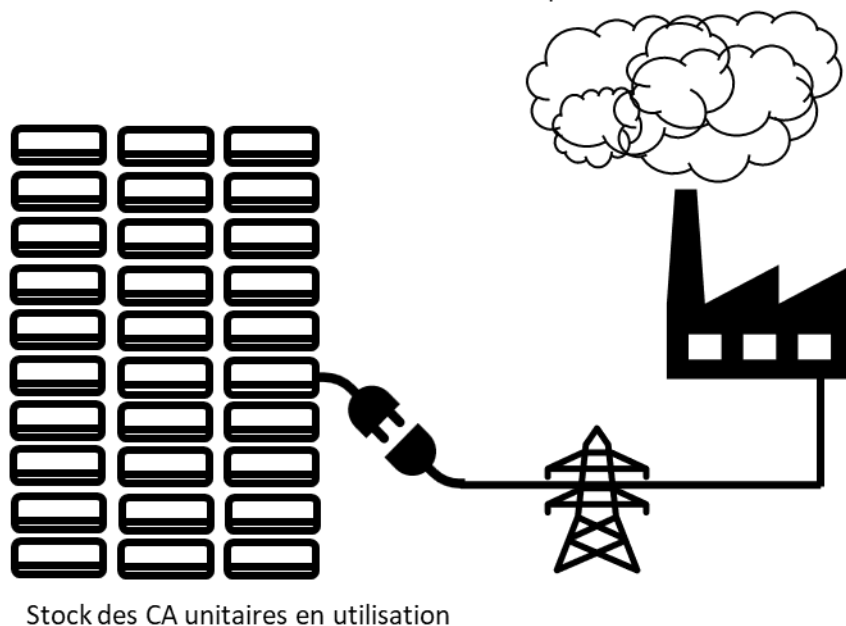


Figure 7 : Approche pour le calcul des émissions énergétiques (propre illustration).

Le paramètre déterminant pour l'estimation des émissions dues à la consommation d'énergie (c'est-à-dire les émissions indirectes de GES) est la consommation moyenne d'énergie d'un appareil en fonction de son efficacité énergétique, de ses heures de fonctionnement avec les conditions de charge associées et du facteur d'émission du réseau national.

Pour les climatiseurs unitaires, les coefficients d'efficacité énergétique (EER) et les coefficients d'efficacité énergétique saisonnière (SEER) ou les facteurs de performance de la saison de refroidissement (CSPF) et la consommation d'énergie correspondante sont mesurés et calculés dans des conditions définies, conformément à la norme ISO 16538. Leur valeur pour déterminer la consommation énergétique «réelle» est limitée, car le profil de température utilisé pour le calcul ne correspond pas aux conditions météorologiques locales.

La meilleure solution est d'entreprendre une enquête représentative sur le terrain pour déterminer la consommation énergétique moyenne des appareils de climatisation pour un pays spécifique. Une possibilité de calculer une consommation d'énergie plus représentative qu'en utilisant les conditions normalisées (comme spécifié par la température standard des bacs comme dans la norme ISO 16358), est de continuer à utiliser la méthode de calcul de la norme ISO 16358, mais d'utiliser les températures des bacs spécifiques au groupe climatique comme établi dans les réglementations modèles U4E pour les climatiseurs split (U4E, 2021).

Ces calculs donnent une charge totale saisonnière de refroidissement (CSTL) et une consommation d'énergie saisonnière de refroidissement (CSEC) spécifiques au climat.

Des procédures de calcul distinctes sont utilisées pour les modèles de compresseurs à vitesse fixe et les modèles à vitesse variable. Les données d'entrée requises pour les modèles à vitesse fixe sont la capacité de refroidissement, la puissance absorbée et l'EER aux conditions de conception, qui sont les paramètres définis pour chaque classe d'EER.

Pour les CA de type onduleur, des points de données supplémentaires à mi-capacité sont nécessaires. En l'absence de données mesurées, celles-ci sont estimées en supposant une performance supérieure de 4% par rapport à la pleine charge⁷.

Les températures des bacs spécifiques au climat appliqué, les valeurs EER et CSPF définies, ainsi que la consommation d'énergie annuelle calculée pour chaque classe EER sont fournies en annexe.

⁷ En appliquant cette amélioration avec les températures standard des bacs, la règle empirique de CSPF/EER=1,13 est respectée.

Equation 18 : $EC_{EER,y,e} = CSEC_e$ (ISO 16538)

Equation 19 : $EM_{energy\ use,y,e} = EC_{EER,y,e} * GEF/1000$

Equation 20 : $EM_{energy\ use,y} = \sum_e EC_{EER,y,e} * Stock_e * GEF/1000$

Où :

$EC_{EER,y,e}$	Consommation d'électricité au cours de l'année y de l'unité dans la classe d'efficacité énergétique e [t CO ₂ eq].
$EM_{consommation\ d'\ énergie,y}$	Émissions provenant de l'utilisation de l'énergie d'une chambre CA pour l'année y [tCO ₂ eq].
e	Classe d'efficacité énergétique, telle que définie dans le modèle.
$Stock_e$	Appareils en stock avec le EER spécifique, tel que calculé par le stock de millésime.
GEF	Facteur d'émission du réseau électrique national, tel que répertorié dans la base de données de l'IFI ¹⁰ [kg CO ₂ /kWh].

Pour les réfrigérateurs, la méthodologie recommandée dans le règlement type U4E pour les réfrigérateurs est suivie. Le règlement type utilise la consommation énergétique moyenne (AEC) telle que définie dans la norme IEC 62552-1-2-3 :2015+AMD1 :2020. Comme les heures de fonctionnement ne dépendent pas autant du climat que pour les climatiseurs, le calcul standard de la consommation d'énergie est considéré comme représentatif, comme indiqué au chapitre 4.1.1.

Equation 21 : $EC_{EER,y,e} = AEC_e$ (IEC 62552)

Equation 22 : $EM_{energy\ use,y,e} = EC_{EER,y,e} * GEF/1000$

Equation 23 : $EM_{energy\ use,y} = \sum_e EC_{EER,y,e} * Stock_e * GEF/1000$

Où :

$EC_{EER,y,e}$	Consommation d'électricité au cours de l'année y de l'unité dans la classe d'efficacité énergétique e [t CO ₂ eq].
$EM_{consommation\ d'\ énergie}$	Émissions provenant de la consommation d'énergie des réfrigérateurs de l'année y [t CO ₂ eq].
e	Classe d'efficacité énergétique, telle que définie dans le modèle.
$Stock_e$	Appareils en stock avec le EER spécifique, tel que calculé par le stock de millésime.
GEF	Facteur d'émission du réseau électrique national, tel que répertorié dans la base de données de l'IFI ¹⁰ [kg CO ₂ /kWh].

Scénario de base

Le scénario de base (BAU) pourrait inclure le calendrier de réduction progressive des HFC⁸ stipulé par l'amendement de Kigali. En d'autres termes, la mise en œuvre complète de l'amendement de Kigali est supposée se produire dans le scénario de référence (voir note de bas de page 10) ; toute réduction d'émissions réalisée par le projet s'ajoute complètement aux réductions d'émissions réalisées par l'amendement de Kigali.

Pour simuler l'impact du calendrier de réduction des HFC prévu par l'amendement de Kigali dans le scénario BAU, une analyse détaillée doit être réalisée. La consommation maximale de HFC (tonnes par substance) autorisée par l'amendement de Kigali doit être traduite en émissions de GES (tCO₂ eq) qui devraient résulter de cette consommation⁹.

Par rapport à d'autres applications RAC, il existe des alternatives aux HFC dans les climatiseurs split et la réfrigération domestique. Par conséquent, on peut supposer que l'adoption de ces alternatives (par exemple, R600a et R290) sera mise en œuvre plus tôt que dans d'autres sous-secteurs afin de rendre le quota restant disponible pour les sous-secteurs où les alternatives sont difficiles à mettre en œuvre. La première étape de réduction substantielle dans les pays partenaires, selon le calendrier de Kigali, se situe en 2035, à 70% du niveau de référence. C'est à ce moment-là que l'on peut supposer que l'introduction de climatiseurs individuels utilisant du R290 s'accélère (aussi bien l'accélération des ventes des réfrigérateurs domestiques utilisant le R600a) en raison de la pression exercée par le quota de Kigali et augmente régulièrement pour atteindre une part de marché de 90% en 2050.

En ce qui concerne le développement d'évaluations de l'efficacité énergétique, les politiques (si elles existent) qui sont en place avant le début du projet sont incluses dans la base de référence.

Scénario de mitigation

Le scénario de mitigation est déterminé par l'action du projet national et les développements sont suivis de près.

Projection des potentiels de mitigation

La même méthodologie est appliquée pour calculer le potentiel de mitigation futur. Au lieu d'utiliser des données de suivi, on projette les effets attendus d'une intervention politique sur les paramètres d'entrée, en utilisant le modèle de stock ancien.



⁸ Il s'agit d'hypothèses conservatrices. Comme les bases de référence sont déterminées au niveau national, il se pourrait bien que le BAU ait 2010 comme année de référence et que le KA ne soit pas inclus.
⁹ L'amendement de Kigali limite la consommation maximale de réfrigérants HFC en vrac, mais il ne tient pas compte des quantités de réfrigérants importées dans les appareils RAC préchargés. La consommation de réfrigérants HFC prise en compte concerne donc l'utilisation de réfrigérants lors du premier remplissage et de l'entretien. Le nivellement des étapes de réduction est basé sur la consommation moyenne de HFC de 2020 à 2022, y compris 65% de la consommation de HCFC pour la même période (niveau de référence selon l'amendement de Kigali).

3.4 Réfrigérateurs domestiques

3.4.1 Évaluation du marché

L'évaluation du marché est basée sur l'enquête auprès des magasins au Burkina Faso, comme illustré ci-dessous dans la Figure 8.

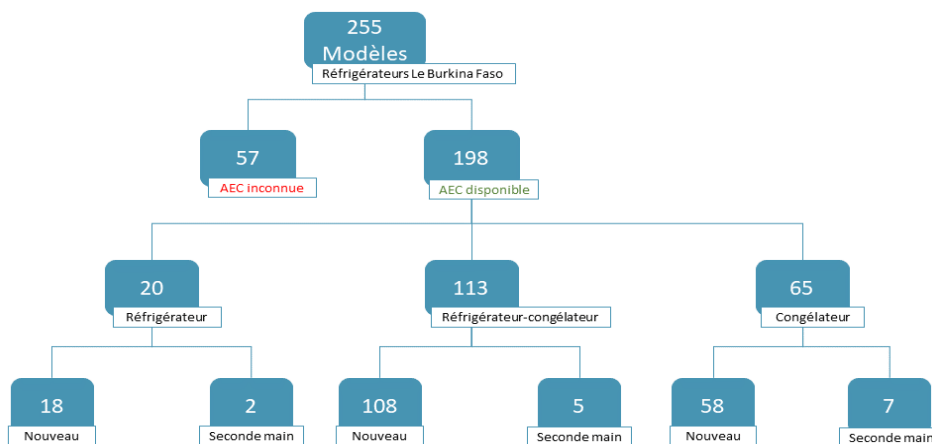


Figure 8 : Nombre de réfrigérateurs étudiés dans le cadre de l'évaluation du marché et part des modèles disposant d'informations sur la AEC (consommation annuelle d'énergie), séparés selon la catégorie de produit et leur état (Source : Analyse HEAT). Note : Seules les unités dont la AEC est disponible ont été utilisées pour l'analyse.

En outre, la plupart des réfrigérateurs sur le marché sont destinés à des tailles inférieures à 500 litres (Tableau 3 et Figure 9) avec une taille moyenne de 273 litres combinés (réfrigérateur plus congélateur).



Tableau 3 : Fréquence des types de réfrigérateurs et volumes moyens des réfrigérateurs étudiés ayant une valeur de consommation énergétique (Source : Analyse HEAT).

Type	Fréquence	Volume moyen (l)
Réfrigérateur de bouteille	2	189
Congélateur inférieur	6	207
Congélateur coffre	46	378
Porte française	3	602
Congélateur complet	19	253
Réfrigérateur complet	12	202
Mini-réfrigérateur	6	97
Côte à côte	7	500
Congélateur supérieur	97	226
Total	198	273

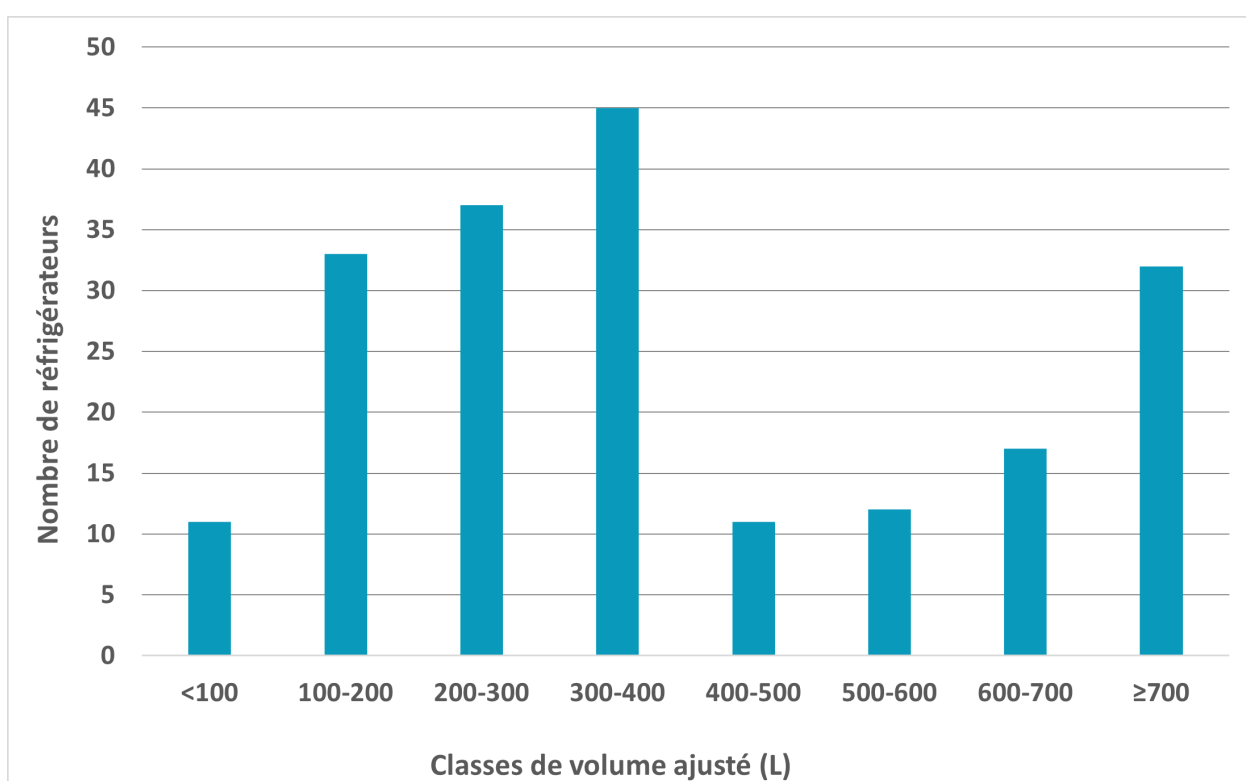


Figure 9 : Distribution en volume des réfrigérateurs examinés au Burkina Faso (Source : Analyse HEAT).

44% des réfrigérateurs évalués portent une étiquette d'efficacité énergétique, qui repose sur des normes d'essai propres au pays d'origine. La plupart des étiquettes énergétiques sont de l'UE (G à A+++), avec certains du Ghana (1 étoile à 5 étoiles) et d'autres d'Afrique du Sud (D à A+++). Il est donc très difficile pour les consommateurs de prendre des décisions éclairées ou de comparer l'efficacité énergétique, étant donné le large choix d'étiquettes et d'équipements différents. Cela indique l'importance d'une politique efficace, régionale et nationale, sur l'efficacité énergétique des appareils comme les SMPE et l'étiquetage énergétique obligatoires.

La mesure de l'efficacité énergétique utilisée dans cette étude est la valeur R, qui compare la consommation énergétique annuelle déterminée (testée) d'un modèle de réfrigérateur à une consommation énergétique annuelle maximale théorique. En utilisant la méthode basée sur la réglementation du modèle U4E (U4E, 2019a, 2021), détaillée au chapitre 4.1.1, la valeur R est utilisée pour permettre la comparaison entre les modèles en termes de consommation d'énergie.

Une valeur R inférieure à 1,25 est considérée comme une faible efficacité. Ainsi, 76% des modèles de réfrigérateurs sur le marché burkinabè présentent une faible efficacité énergétique comme le montre la Figure 10 ci-dessous.

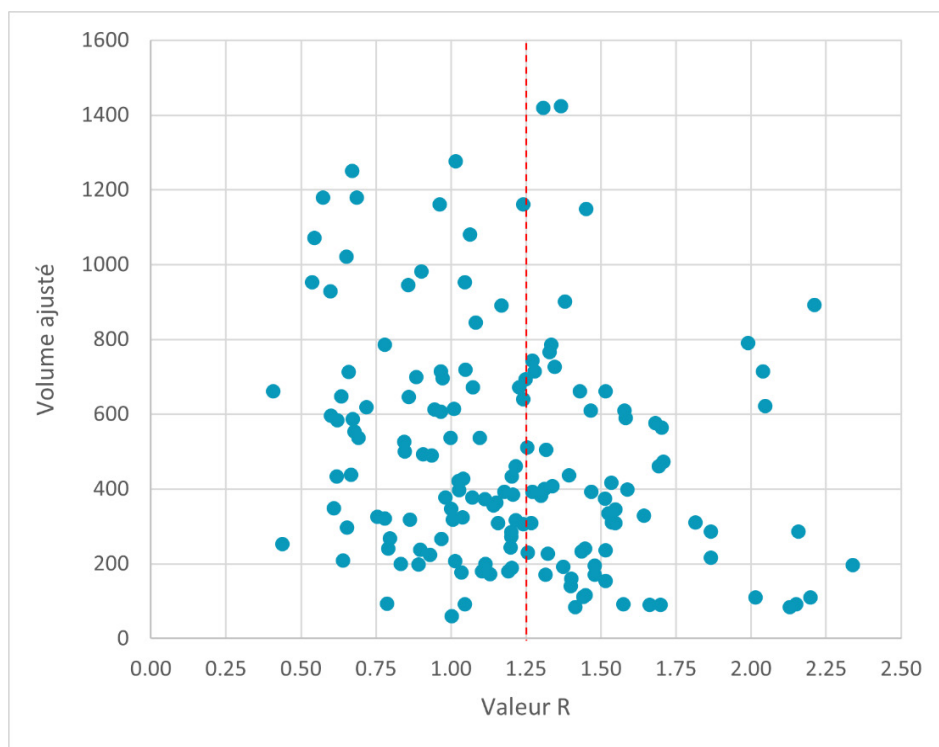


Figure 10 : Relation entre le volume ajusté (AV) des réfrigérateurs étudiés et la valeur R (Source : analyse HEAT).

En ce qui concerne les principaux fluides frigorigènes sur le marché Burkinabè, 49% des modèles étudiés utilisent le fluide frigorigène naturel R600a (isobutane) et 2% le R290 (propane), tandis que 49% utilisent l'hydrofluorocarbène R134a, qui a un PRG de 1530 et dont l'utilisation sera progressivement abandonnée en vertu de l'amendement de Kigali au Protocole de Montréal.

Les principales marques d'appareils de réfrigération au Burkina Faso sont Boreal, Mona, Sobelec, Hasmax, Sharp et Nasco, la majorité étant importée de Chine, d'Indonésie, de Thaïlande, de l'UE et de la Turquie.

3.4.2 Analyse du cycle de vie

Le coût du cycle de vie (CCV) d'un réfrigérateur comprend le prix d'achat plus les coûts annuels de consommation d'électricité. Comme le prix de l'électricité de réseau au Burkina Faso se situe dans le segment de prix intermédiaire dans le monde, avec 0,204 USD/kWh¹⁰, les coûts de fonctionnement des appareils sont une partie importante dans le calcul du LCC. Le Tableau 4 ci-dessous montre le coût moyen du CCV pour les types de réfrigérateurs les plus courants au Burkina Faso.

Tableau 4 : Coût moyen du cycle de vie [USD] des types de réfrigérateurs courants (Source : analyse HEAT).

	< 300 (l)	300-500 (l)	> 500 (l)	Total
Congélateur coffre	1073	1000	1507	3580
Réfrigérateur complet	492	1202	2063	3757
Congélateur inférieur	836	1188	1605	3629

Pour le Burkina Faso, on observe une nette tendance à la diminution du CCV au fur et à mesure que les appareils deviennent plus efficaces énergétiquement, cette tendance étant plus prononcée pour les petits réfrigérateurs, de moins de 300 litres.

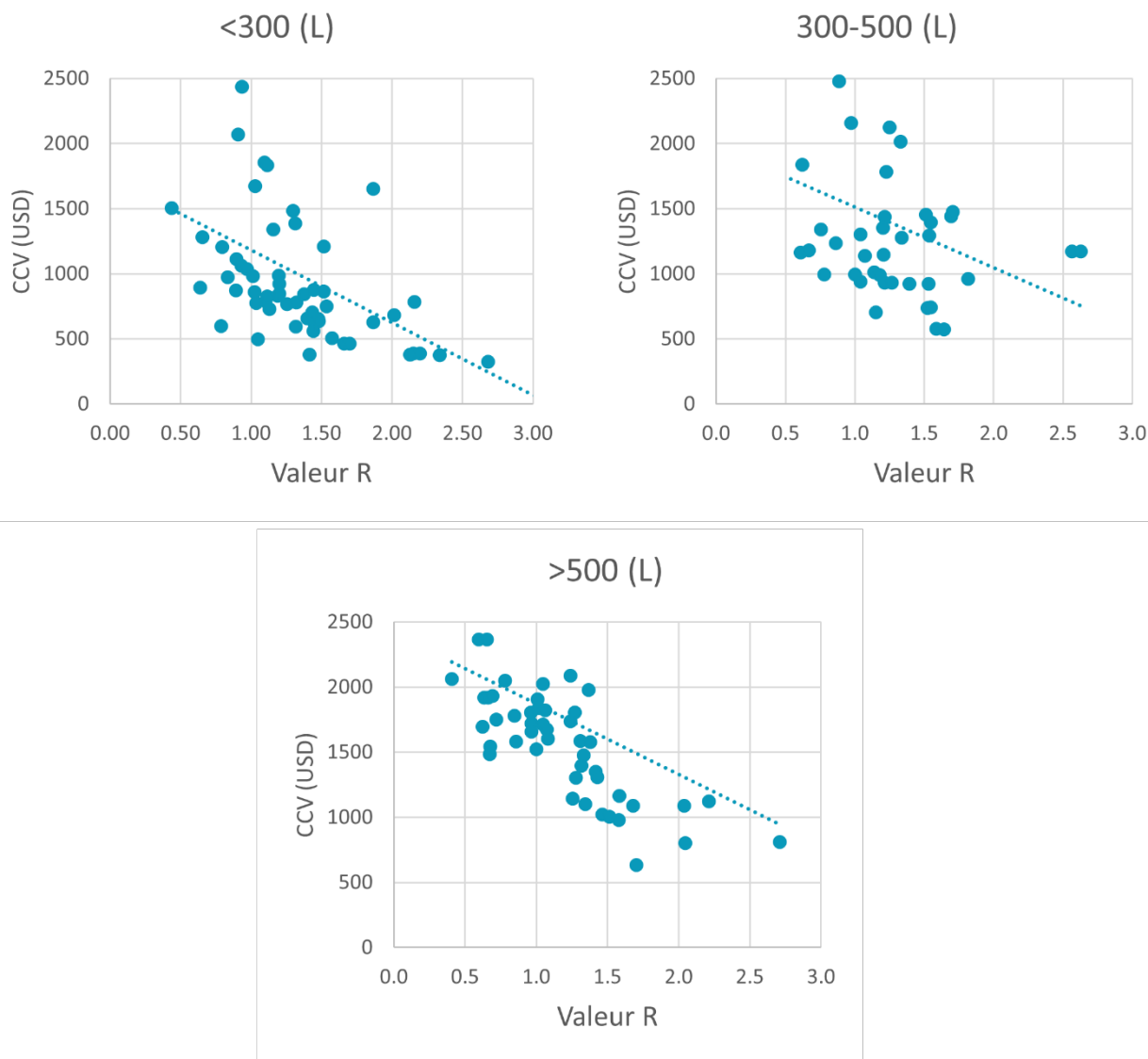


Figure 11 : CCV pour les réfrigérateurs au Burkina Faso pour des volumes ajustés <300 l (gauche), 300 à <500 l (droite) et >500 l (bas). (Source : analyse HEAT).

Par conséquent, avec la mise en œuvre des normes d'efficacité énergétique, une diminution significative du coût du cycle de vie est à prévoir. En outre, 29% des modèles présentent des valeurs d'efficacité très faibles ($R < 1$), ce qui a un effet d'orientation sur le marché, en particulier lorsque les modèles les plus performants, dont l'efficacité est supérieure à $R = 1,5$, peuvent être encouragés par exemple par des réductions d'impôts.

3.4.3 Équipement utilisé

La consommation annuelle du sous-secteur de la réfrigération domestique est indiquée dans le Tableau 5 pour la période 2018-2022. La Figure 12 montre la répartition des réfrigérants pour l'année 2021. Dans ce sous-secteur, le R-134a représente environ 70% de la consommation et le R-600a 28%, le R-32 étant introduit dans ce secteur, mais ne représentant encore que 1% des réfrigérants utilisés.

Tableau 5 : Consommation, en tonne, de réfrigérants dans le secteur de la réfrigération domestique pour la période 2018-2022 (HPMP).

Réfrigérant		2018	2019	2020	2021	2022
R-134a	(t)	97.4	100.0	78.0	62.3	66.6
R-32	(t)	0.0	0.3	0.3	0.8	1.0
R-600a	(t)	18.2	22.8	22.5	24.3	0.0
Total	(t)	115.6	123.1	100.8	87.5	67.6

Dans le Tableau 5, la consommation totale de réfrigérants diminue après 2019, ce qui est attribué à la pandémie de COVID 19 qui a entravé la maintenance, la recharge et l'entretien des équipements dans le sous-secteur de la réfrigération domestique. En outre, la quantité de R-600a en 2022 sera probablement nulle en raison de l'absence de déclaration. Il n'y a pas de reprise de la consommation totale en 2022 après la pandémie de COVID 19, probablement en raison du manque de données sur le R-600a. En revanche, la consommation de R-134a et de R-32 augmente en 2022 par rapport à l'année précédente.

Utilisation de réfrigérants dans la réfrigération domestique en 2021

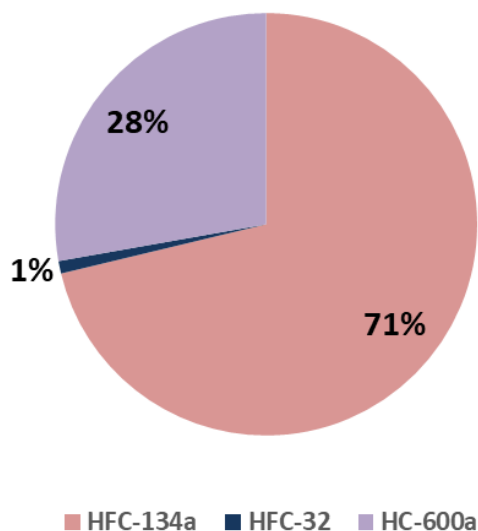


Figure 12 : Diagramme à secteurs pour la distribution des réfrigérants (HPMP).

Le nombre d'unités utilisées dans le secteur de la réfrigération domestique a été calculé à l'aide des données sur la consommation de réfrigérants figurant dans le HPMP (MLF, 2023). Pour ces calculs, les quantités annuelles pour l'entretien et le service, la durée de vie et la charge initiale ont été utilisées. Ces valeurs ont été estimées pour chaque réfrigérant. Pour le secteur de la réfrigération domestique, ces valeurs sont indiquées dans le Tableau 6. La durée de vie est fixée dans le modèle à 20 ans pour tous les équipements, l'entretien est fixé dans tous les cas à un taux de recharge de 75%. Toutefois, la charge initiale est différente pour le R-600a en raison de sa densité plus élevée.

Tableau 6 : Caractéristiques des équipements de réfrigération domestique

Réfrigérant	Charge moyenne (kg)	Remplissage pendant l'entretien (%)	Durée de vie (années)
R-134a	0.3	75	20
R-32	0.3	75	20
R-600a	0.15	75	20

En utilisant les paramètres et la consommation de réfrigérant présentés ci-dessus, le nombre d'unités dans le sous-secteur de la réfrigération domestique est calculé à 492 933 pour l'année 2021.

3.5 Climatiseurs d'Air (CA) unitaires

3.5.1 Évaluation du marché

Le climat très chaud et humide du Burkina Faso, avec une température moyenne annuelle de 28,8 degrés et six mois (saison sèche) de températures moyennes atteignant les 30°C, fait de la climatisation une nécessité plutôt qu'un luxe et la demande est élevée pour un pays à faible revenu.

L'évaluation du marché des climatiseurs domestiques (split) est basée sur l'enquête auprès des magasins au Burkina Faso, comme illustré ci-dessous dans la Figure 13, où le EER représente le Ratio d'Efficacité Énergétique et le CF représente la Capacité Frigorifique des CA exprimée en kilowatt (kW).

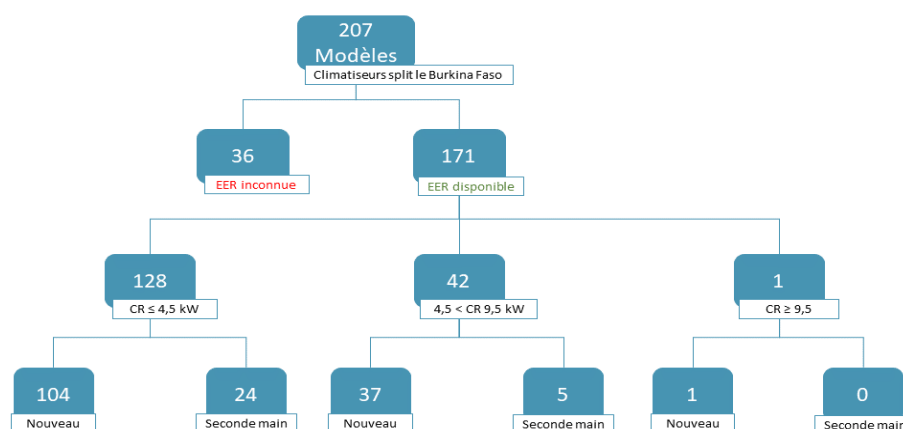


Figure 13 : Nombre de climatiseurs split étudiés dans l'évaluation du marché et part des modèles disposant d'informations sur l'EER (ratio d'efficacité énergétique), séparés selon la taille et la condition de la capacité de refroidissement (Source : analyse HEAT).

Le marché Burkinabè de la climatisation résidentielle est actuellement dominé par des unités équipées de compresseurs à vitesse fixe de petite et moyenne taille, qui sont relativement inefficaces. Environ 42% des modèles sont équipés d'un onduleur (vitesse variable). 74% des unités étudiées ont une capacité de 4,5 kW ou moins, 25% ont une capacité comprise entre 4,5 et 9,5 kW, tandis que les unités plus grandes constituent 1% des modèles étudiés. (Tableau 7).

Tableau 7 : Capacité de refroidissement des unités de climatisation unitaires sur le marché Burkinabè (Source : analyse HEAT).

Taille	Proportion du marché	Vitesse fixe	Type d'onduleur
CR ≤ 4,5 kW total	74%	44%	30%
4,5 < CR < 9 kW total	25%	13%	12%
CR ≥ 9,5 kW total	1%	1%	0%
Total	100%	58%	42%

Les niveaux d'efficacité sur le marché sont relativement faibles, avec un CSPF (Cooling Seasonal Performance Factor), ISO 16358, utilisant des données de température spécifiques au pays comme indiqué dans la réglementation du modèle (U4E) de 2,47 pour les unités à vitesse fixe et un CSPF moyen de 3,16 pour les modèles à onduleur. Ces valeurs sont faibles par rapport aux normes SMPE existantes dans de nombreux pays. Pour faciliter la comparaison, le CSPF spécifique au climat est converti en CSPF en utilisant les températures des bacs ISO : 3,68 pour les unités CA à vitesse fixe et 3,65 pour le type onduleur. Figure 14 montre la moyenne au Burkina Faso pour les climatiseurs à onduleur par rapport aux modèles disponibles dans les économies sélectionnées. Cela montre que des modèles plus efficaces sont disponibles. De même, l'absence de réglementation en matière d'efficacité signifie que 64% du marché est basé sur des modèles sans inverseur, qui ont généralement un prix d'achat plus bas mais un coût d'exploitation plus élevé en raison d'une efficacité plus faible.

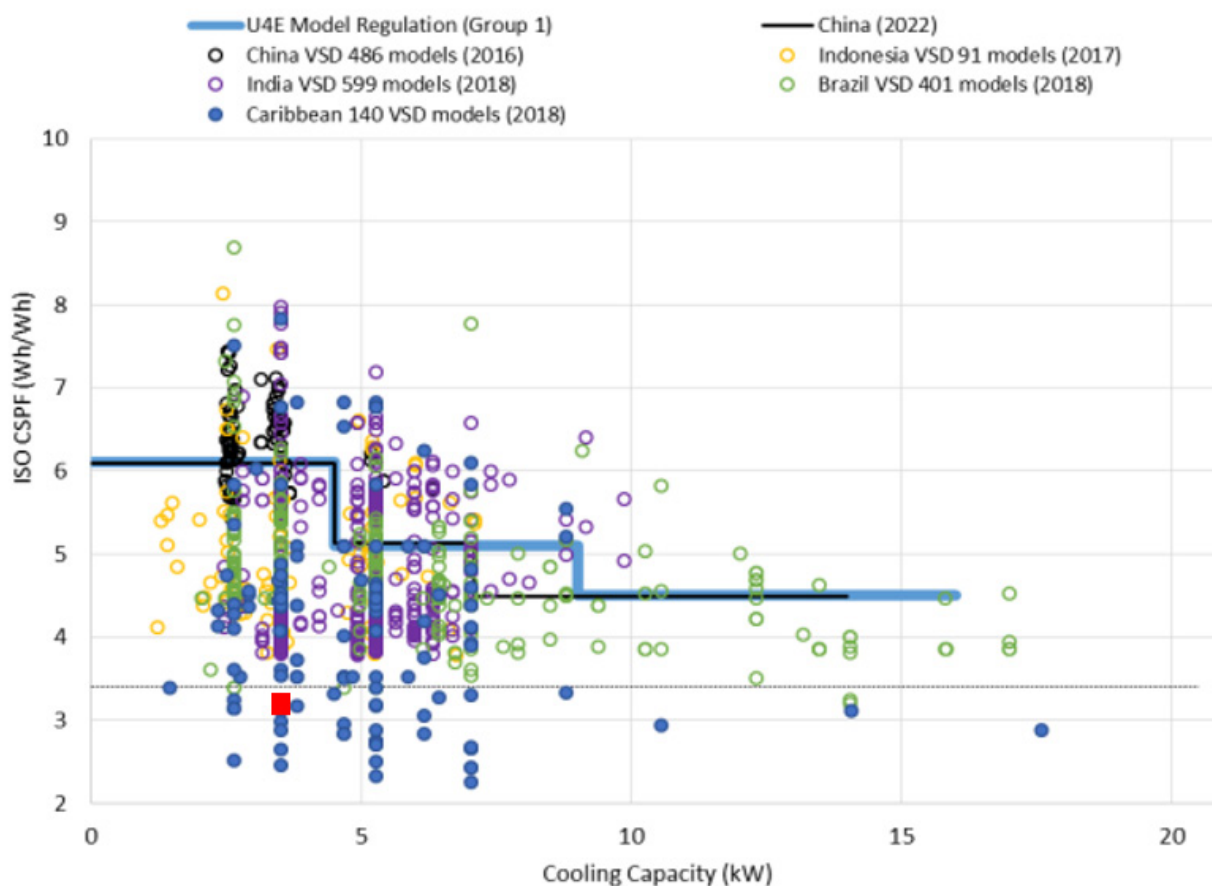


Figure 14 : Efficacité en ISO CSPF estimée pour les CA à vitesse variable disponibles dans certaines économies. Source : (U4E, 2019b). Marque rouge ajoutée par l'auteur pour indiquer la moyenne du Burkina Faso pour les CA unitaires à vitesse variable.

En ce qui concerne le fluide frigorigène utilisé sur le marché Burkinabè de la climatisation, environ 18% des clients utilisent encore le R22, un HCFC dont le potentiel de réchauffement global (PRG) est de 1960. La majorité (74%) du marché utilise le R410A, un mélange de HFC dont le PRG est de 2256. Treize modèles étudiés contiennent du R32 (8%), un HFC avec un PRG de 771. Cette part est censée augmenter à l'avenir. Dans le monde entier, les HCFC (R22) sont activement éliminés dans le cadre des actions de mise en œuvre du Protocole de Montréal. De même, les HFC sont en cours d'élimination progressive dans de nombreux pays.

Au niveau européen, l'UE, par exemple, a publié un règlement sur les gaz fluorés interdisant les climatiseurs utilisant des réfrigérants dont le PRG est supérieur à 750, et ce règlement est en cours de révision, de nombreuses voix s'élevant pour réduire ce seuil à 150. En fait, cette discussion s'inscrit dans le cadre d'une renégociation générale de la législation européenne sur les gaz fluorés.

La grande majorité des appareils sont importés d'un certain nombre de marques internationales de Chine et de Thaïlande. Les principales marques dans l'évaluation du marché sont Sharp, LG, Mona et Nasco.

3.5.2 Analyse du cycle de vie

Renforcée par les coûts d'exploitation relativement élevés dus au prix de l'électricité de 0,204 USD/kWh, il existe une corrélation claire entre l'efficacité énergétique et le coût du cycle de vie. Avec l'augmentation de l'efficacité énergétique, le coût du cycle de vie suit une tendance à la baisse (Figure 14). Ceci est le résultat de la stabilité des coûts d'achat et d'installation ainsi que de la consommation unitaire très élevée.

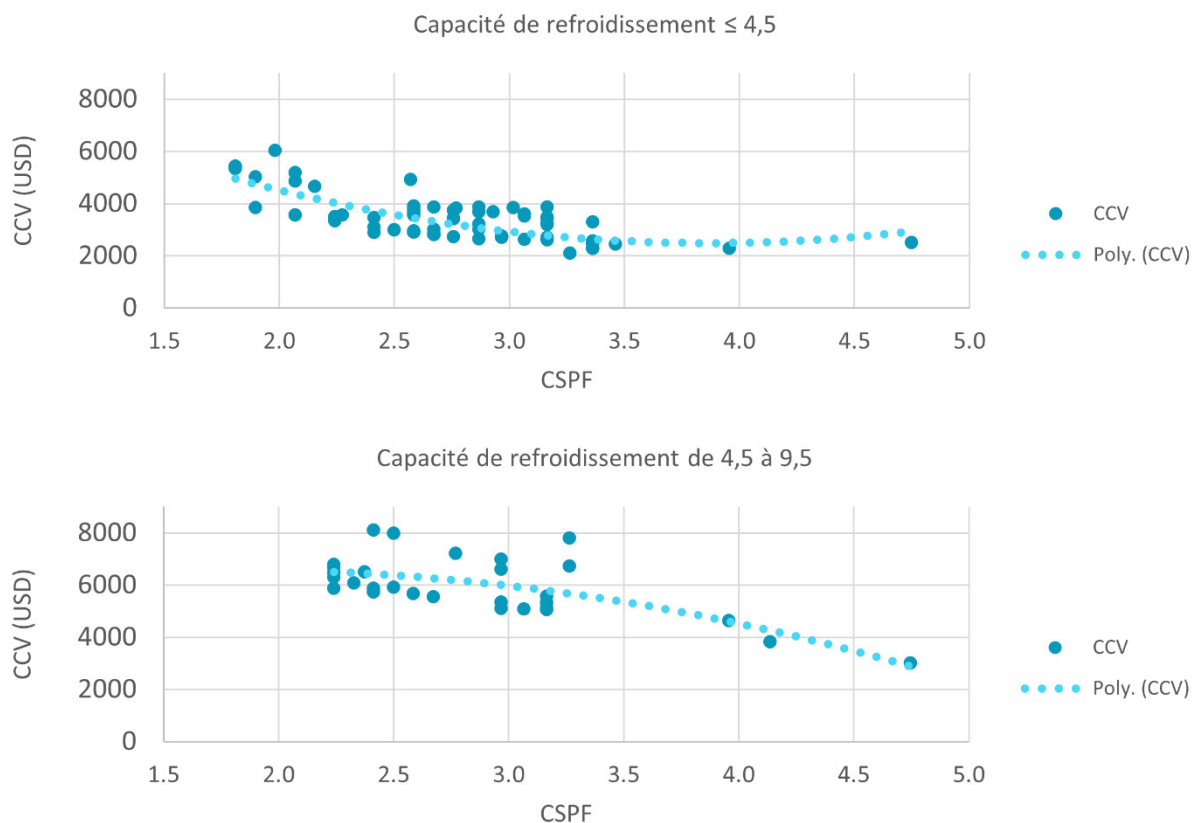


Figure 15 : CCV pour les climatiseurs unitaires au Burkina Faso pour les puissances frigorifiques inférieures à 4,5 kW (à gauche) et entre 4,5 et 9,5 kW (à droite) (Source : analyse HEAT). Note : Par manque de données, l'analyse du cycle de vie n'a pas été réalisée pour les unités dont la puissance frigorifique est supérieure à 9,5 kW.

Ce schéma se répète pour les deux tailles de CA considérées, l'augmentation de l'efficacité énergétique se traduisant systématiquement par un CCV plus faible. En même temps, une diminution significative du CCV est à prévoir avec la mise en œuvre des SMPE. La plupart des modèles étudiés entrent dans la catégorie « faible efficacité » en dessous d'un CSPF de 3,9, ce qui a un effet d'orientation sur le marché, en particulier lorsque les modèles les plus performants avec des CSPF supérieurs à 7 sont encouragés par l'octroi de remises fiscales.

Par exemple, un climatiseur d'une capacité de refroidissement de 3,5 kW et un CSPF de 1,8 coûterait 389 USD dans le magasin et utiliserait 3724 kWh par an, ce qui se traduirait par un coût de 7986 USD sur la durée de vie (CCV) de ce climatiseur. Un climatiseur plus efficace, de la même taille, avec un CSPF de 2,9 coûterait presque le même prix (571 USD) n'utiliserait que 2303 kWh par an avec un CCV de 5263 USD. Il s'agit d'une économie de plus de 2723 USD sur la durée de vie du climatiseur. Les deux appareils sont tirés de l'enquête en magasin. Un modèle très efficace, avec un CSPF de 6.6, n'utiliserait que 1280 kWh par an. Aucun CCV spécifique au Burkina Faso ne peut être calculé, car de tels modèles ne sont actuellement pas disponibles sur le marché burkinabè.

3.5.3 Équipement utilisé

Les données disponibles dans les PGES du Burkina Faso classent le secteur de la climatisation en 5 catégories ou sous-secteurs selon leur capacité de refroidissement (CC). Il s'agit des climatiseurs ayant une CC moyenne de 2,6 kW, 3,5 kW, 5,25 kW, 7 kW, ≥7 kW. Dans ce travail, les climatiseurs domestiques et commerciaux sont divisés en utilisant un seuil de CC=4,5 kW. Ce chiffre est tiré des lignes directrices U4E et correspond au niveau supérieur de la plus petite catégorie de climatiseurs, comme nous l'avons vu dans la section précédente. Par conséquent, les catégories 2,6 kW, 3,5 kW forment le sous-secteur des climatiseurs domestiques et 5,25 kW, 7 kW, ≥7 kW le sous-secteur des climatiseurs commerciaux.

La consommation annuelle du sous-secteur de la climatisation domestique est indiquée dans le Tableau 8 pour la période 2018-2022. En outre, ce tableau montre la consommation annuelle du sous-secteur de la climatisation domestique pour la période 2018-2022, Figure 16 montre la répartition des réfrigérants pour l'année 2021. La consommation dans ce sous-secteur est presque exclusivement constituée de R-22, qui représente environ 85% de la consommation totale. Dans une bien moindre mesure, le R-410A et le R407C représentent respectivement 13% et 2% de la consommation. Comme dans le secteur de la réfrigération, la consommation totale diminue au fil du temps, probablement en raison de la pandémie de COVID 19.

Tableau 8 : Consommation de réfrigérants dans le secteur de la climatisation domestique pour la période 2018-2022 (HPMP).

		Climatisation domestique				
Réfrigérant		2018	2019	2020	2021	2022
R-22	(t)	56.3	44.1	34.4	31.3	28.7
R-410A	(t)	8.2	10.1	8.9	6.6	7.4
R-407C	(t)	1.7	1.0	1.0	0.8	0.7
Total	(t)	66.3	55.2	44.3	38.7	36.8

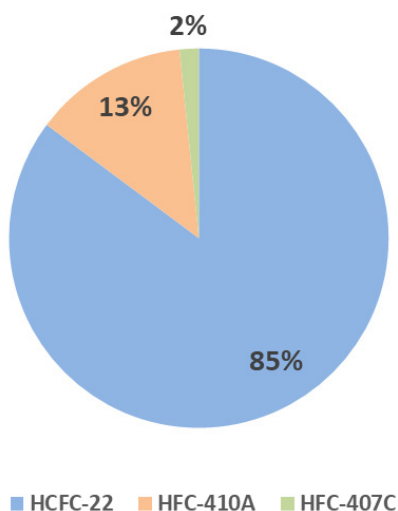


Figure 16 : Diagramme à secteurs pour la distribution des réfrigérants - climatisation commerciale (HPMP).

La consommation de réfrigérants dans le sous-secteur de la climatisation commerciale est indiquée dans le Tableau 9 pour la période 2018-2022 et la répartition des fluides frigorigènes est indiquée dans la Figure 17 pour 2021. Comme pour les climatiseurs résidentiels, la consommation dans ce sous-secteur est principalement constituée de R-22. La différence est que le R-134a représente 8% du total. Ce réfrigérant est principalement utilisé dans les gros appareils. Enfin, le R-410A et le R407C représentent respectivement 12% et 1% de la consommation.

Tableau 9 : Consommation de réfrigérants dans le secteur de la climatisation commerciale pour la période 2018-2022 (HPMP).

		Climatisation commerciale				
Réfrigérant		2018	2019	2020	2021	2022
R-22	(t)	131.4	102.9	80.3	73.0	67.1
R-134a	(t)	16.2	16.7	13.0	10.4	11.1
R-410A	(t)	19.2	23.5	20.7	15.4	17.2
R-407C	(t)	4.0	2.4	2.4	1.9	1.5
Total	(t)	170.8	145.4	116.3	100.7	96.9

Utilisation de réfrigérants dans les climatisations commerciales en 2021

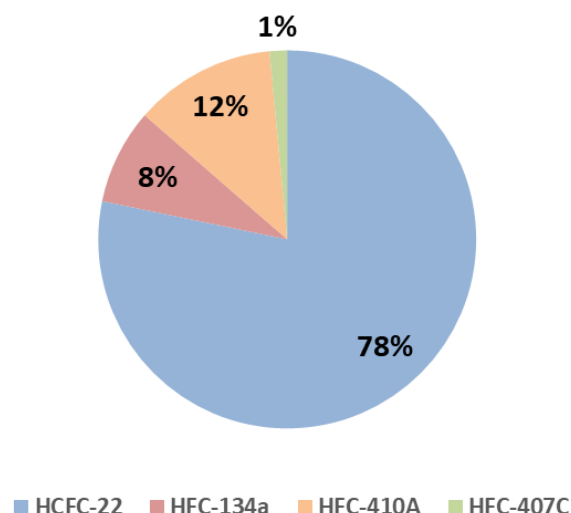


Figure 17 : Diagramme à secteurs pour la distribution des réfrigérants - climatisation commerciale (HPMP).

Comme pour le secteur précédent, le nombre d'unités utilisées dans les secteurs de la climatisation domestique et commerciale a été calculé à l'aide des données relatives à la consommation de réfrigérants figurant dans le HPMP (MLF, 2023). Pour ces calculs, les données communiquées sur les quantités d'entretien annuel, la durée de vie et la charge initiale ont été utilisées pour les équipements utilisant le R-22. En outre, la charge initiale a été estimée pour les autres réfrigérants et les deux autres variables ont été maintenues constantes. Pour la réfrigération domestique, ces valeurs sont indiquées dans le Tableau 10. La durée de vie est fixée dans le modèle à 10 ans pour tous les équipements. En revanche, l'entretien est fixé à 30% pour tous les équipements dont la capacité de refroidissement est inférieure à 7 kW et à 50% pour les unités dont la capacité de refroidissement est égale ou supérieure à ce chiffre. En utilisant les caractéristiques de l'équipement et la consommation de réfrigérant pour 2021, le nombre d'unités est estimé à 190 832 pour les climatiseurs domestiques et 205 301 pour les climatiseurs commerciaux.

Tableau 10 : Caractéristiques des équipements de climatisation (HPMP).

Réfrigérant	Charge moyenne R-134a, R-410A et R-407C (kg)	Charge moyenne R-22 (kg)	Remplissage pendant l'entretien (%)	Durée de vie (années)
Climatisation (2,6 kW)	0.7	1.2	30	10
Climatisation (3,5 kW)	0.9	1.2	30	10
Climatisation (5,25 kW)	1.3	1.2	30	10
Climatisation (7 kW)	1.8	1.2	30	10
Climatisation (≥7 kW)	100	8	50	10

3.6 Réfrigération industrielle et commerciale

La réfrigération industrielle est un sous-secteur inhomogène composé de petites et grandes applications couvrant différentes fonctions telles que l'étalage des aliments, la production de glace, l'entreposage frigorifique et la climatisation. Sur la base des résultats de l'étude de terrain et des données rapportées par le gouvernement du Burkina Faso dans les PGES, les applications suivantes peuvent être différenciées :

- Chambres froides (refroidissement et congélation)
- Vitrines (refroidissement et congélation)
- Refroidisseurs (chillers)
- Production de glace

L'inventaire de ces installations est résumé dans le Tableau 11 ci-dessous, où la durée de vie moyenne et la consommation d'énergie ont été estimées à partir d'informations provenant d'un questionnaire envoyé à certains techniciens de maintenance et d'une enquête sur les équipements du secteur. Cependant, en raison de l'insuffisance des données collectées lors de ces enquêtes, des hypothèses ont été émises pour estimer le nombre de chambres froides, de vitrines, de refroidisseurs et de machines à glace dans le comté en utilisant les données des plans de gestion de la sécurité alimentaire (CITE). Les paramètres estimés présentés dans le Tableau 12 ont été utilisés pour calculer le nombre d'unités de la même manière que pour le secteur de la réfrigération et de la climatisation, en se basant sur la consommation de réfrigérants.

Tableau 11 : Synthèse de l'inventaire des installations (HPMP).

Sous catégories	Nombre d'installation	Puissance moyenne (kW)	Charge moyenne de réfrigérant (kg)
	3	-	4,5
	43	0,47	3,5
	4	601	240
	1	-	-

Tableau 12 : Caractéristiques des équipements de réfrigération industrielle et commerciale (HPMP).

Sous catégories	Charge moyenne (kg)	Remplissage pendant l'entretien (%)	Durée de vie (années)
Vitrines	1.2	20	15
Chambres froides	25	75	20
Refroidisseur	100	75	20
Fabriques de Glace	50	75	30

La consommation annuelle des principaux fluides frigorigènes utilisés dans le secteur de la réfrigération commerciale et industrielle est présentée dans le Tableau 13 pour la période 2018-2022. Comme pour les secteurs précédemment analysés dans ce rapport, la consommation de tous les réfrigérants diminue après 2019 et seul le R134a connaît une légère reprise en 2022. En outre, la distribution des réfrigérants dans le secteur est présentée dans la Figure 18 pour le secteur de la réfrigération industrielle et commerciale. Tous les sous-secteurs de cette section sont pris en compte pour ce graphique.

Tableau 13 : Consommation (en tonne) de réfrigérants dans le secteur de la réfrigération industrielle et commerciale pour la période 2018-2022 (HPMP).

Réfrigérant		2018	2019	2020	2021	2022
Vitrines						
R290	(t)	0.0	0.4	0.4	0.6	0.0
R134a	(t)	13.1	13.5	10.5	8.4	9.0
R404A	(t)	3.6	3.8	3.8	2.0	1.6
Chambres froides						
R404A	(t)	11.1	12.0	12.0	6.2	4.9
R134a	(t)	0.8	0.8	0.6	0.5	0.5
R22	(t)	0.6	0.5	0.4	0.3	0.3
Refroidisseur						
R134a	(t)	2.3	2.4	1.9	1.5	1.6
Fabriques de Glace						
R404A	(t)	0.05	0.05	2.39	0.08	1.79
R22	(t)	0.02	0.05	0.82	0.08	0.62
Total (tous les équipements)	(t)	31.6	33.5	32.8	19.7	20.2

Utilisation de réfrigération industrielle et commerciale en 2021

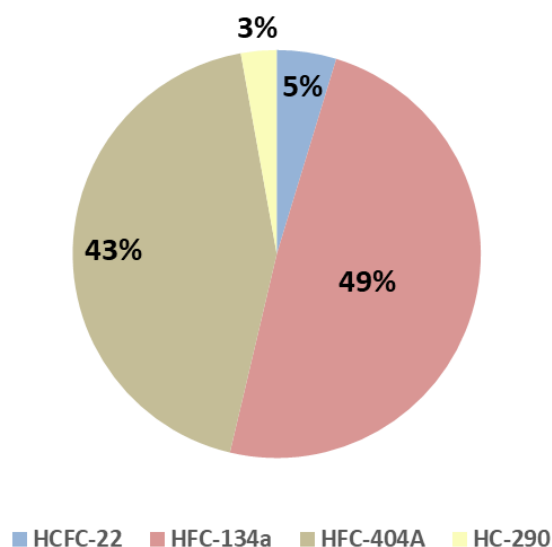


Figure 18 : Diagramme à secteurs pour la distribution des réfrigérants - Réfrigération industrielle et commerciale (HPMP).

Le R-134a et le R-404A sont les principaux réfrigérants que l'on trouve dans ce secteur, car ils sont principalement utilisés dans les vitrines et les chambres froides. Bien que la consommation par unité dans ces deux sous-secteurs soit relativement plus faible que dans les réfrigérateurs et les congélateurs, le nombre d'unités est nettement plus élevé et la consommation dans ces deux sous-secteurs représente donc la majorité de la banque de réfrigérants dans ce secteur. En outre, le R-22 et le R-290 sont des réfrigérants mineurs dans le secteur, avec respectivement 5% et 3% du total. Cela reflète l'élimination progressive du R-22 dans le pays et l'introduction de réfrigérants naturels tels que le R-290.

En plus des quatre sous-secteurs mentionnés ci-dessus, les fontaines à eau et les petites machines à glace ont été incluses dans cette étude car elles sont couvertes par un report préparé par l'ONUDI pour le MLF (UNIDO, 2021). Dans ce rapport, les fontaines à eau et les petites machines à glace sont regroupées en un seul sous-secteur. Pour éviter toute confusion avec les machines à glace industrielles, ce sous-secteur sera uniquement désigné sous le nom de fontaines à eau. On suppose que les fontaines à eau ont une charge initiale de 0,03kg, une durée de vie de 20 ans et une capacité de refroidissement moyenne de 100W. En ce qui concerne les réfrigérants utilisés, ces machines fonctionnent avec du R134a (50%) et du R600a (50%) en 2021.

Le nombre d'unités au Burkina Faso pour les vitrines, les chambres froides, les fontaines d'eau, les refroidisseurs et les machines à glace pour l'année 2021 est estimé en :

- Vitrines : 49956
- Chambres froides : 385
- Fontaines d'eau : 6091
- Refroidisseurs (chillers) : 20
- Production de glace : 40

3.7 Climatisation des véhicules

La consommation de réfrigérant et les émissions potentielles ont été estimées sur la base du nombre de voitures dans le pays. Le nombre total de véhicules climatisés est tiré d'un rapport publié par le gouvernement du Burkina Faso (ministère des Transports de la mobilité urbaine et de la sécurité des transports, 2018). Seuls les types de véhicules disposant généralement d'un système de climatisation ont été agrégés pour obtenir le nombre total. En outre, les données sur la consommation de réfrigération provenant des HPMP ont été utilisées pour estimer le nombre de véhicules équipés d'un système de climatisation dans le pays et une comparaison entre les deux estimations a été effectuée.

La consommation d'énergie des climatiseurs mobiles n'est pas calculée, car ils ne sont pas connectés au réseau et seule une petite partie de la consommation totale de carburant est utilisée pour le transport. Par conséquent, les émissions indirectes de ce secteur ne sont pas calculées.

3.7.1 Équipement utilisé

Dans les HPMP, le Burkina Faso a indiqué que le principal réfrigérant utilisé dans les climatiseurs mobiles (MAC) est le R-134a. Tableau 14 montre la consommation totale du secteur de la climatisation mobile pour la période 2018-2022. Comme pour les secteurs expliqués ci-dessus, la consommation de R-134a diminue après 2019 et augmente légèrement en 2022. Ce secteur a la plus forte consommation de réfrigérants, dépassée uniquement par la climatisation lorsque les sous-secteurs domestique et commercial sont agrégés. En outre, seuls les HFC sont utilisés dans le secteur de la réfrigération mobile (MAC), ce qui pose un problème pour les prochains plans d'élimination progressive conformément à l'amendement de Kigali signé par le Burkina Faso.

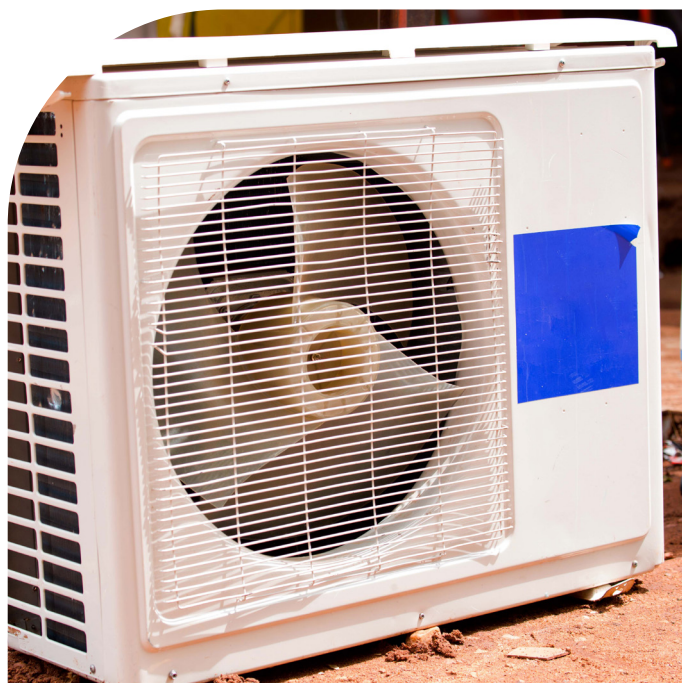
Tableau 14 : Consommation de réfrigérants dans le secteur de la climatisation des véhicules (HPMP).

Réfrigérant		2018	2019	2020	2021	2022
R-134a	(t)	195	200	156	125	133

En utilisant la consommation totale de réfrigérants dans le secteur MAC et les paramètres de l'équipement, présentés dans le Tableau 15, le nombre de voitures dans le pays a été estimé pour les années 2021. Le stock est estimé à environ 250 000 véhicules en 2021.

Tableau 15 : Caractéristiques des équipements de climatisation des véhicules (HPMP).

Réfrigérant	Charge moyenne (kg)	Remplissage pendant l'entretien (%)	Durée de vie (années)
R-134a	0.5	100	15



4 STANDARD MINIMAL DE PERFORMANCE ÉNERGÉTIQUE (SMPE) AU BURKINA FASO POUR LES CLIMATISEURS UNITAIRES ET LES RÉFRIGÉRATEURS DOMESTIQUES

La demande croissante d'électricité a plusieurs implications, principalement :

- Pénuries d'électricité plus fréquentes,
- Nouveaux investissements dans les centrales de production d'énergie électrique,
- Augmentation des émissions de CO₂, contribuant au réchauffement de la planète.

Cette demande pourrait être réduite si l'énergie était utilisée plus efficacement. Les SMPE et l'étiquetage énergétique constituent l'un des outils les plus utiles pour accroître le niveau d'efficacité énergétique des produits sur le marché.

Les SMPE indiquent le niveau minimum d'efficacité énergétique des produits qui peuvent être introduits sur le marché, en éliminant les appareils les plus inefficaces. D'autre part, les étiquettes énergétiques informent le consommateur sur les possibilités d'économies d'énergie et des avantages environnementaux en choisissant des produits plus efficaces, ce qui augmente les ventes des produits les plus efficaces et prépare le marché à l'application de normes plus restrictives à l'avenir. Il est recommandé d'utiliser une approche échelonnée pour le développement et la mise en œuvre des normes d'efficacité énergétique en fixant des années au cours desquelles les normes seront renforcées à intervalles réguliers. De plus, dans les pays où l'électricité est totalement, ou partiellement, subventionnée par le gouvernement, l'amélioration de l'efficacité énergétique des produits de consommation produira également des économies gouvernementales, qui peuvent être retournées à la société avec des programmes de rabais pour aider les consommateurs à acheter des appareils plus efficaces.

Afin d'atteindre l'objectif de conduire le pays vers un marché plus efficace sur le plan énergétique, les normes et les étiquettes doivent être conçues et appliquées correctement. En outre, elles doivent être révisées et remises à jour fréquemment pour tenir compte des améliorations technologiques au fil du temps.

Le Burkina Faso est un État membre de la CEDEAO¹¹ qui, en collaboration avec le centre de la CEDEAO pour les énergies renouvelables et l'efficacité énergétique (CEREED), a facilité l'élaboration d'une norme d'efficacité énergétique régionale pour les réfrigérateurs et les climatiseurs, qui a été adoptée par les États membres de la CEDEAO. Cependant, chaque pays est censé adapter les normes régionales pour en faire une réglementation nationale.

4.1 Réfrigérateurs domestiques

Généralement, l'efficacité énergétique des réfrigérateurs est calculée en comparant la consommation d'énergie mesurée en laboratoire sous certaines conditions, avec la consommation d'énergie standard théorique basée sur les caractéristiques du réfrigérateur mesuré (volume, températures cibles, type de dégivrage, etc.). Par conséquent, le Burkina Faso doit définir précisément quelle norme d'essai doit être utilisée pour le pays et comment calculer la consommation énergétique standard.

Il est recommandé d'utiliser la dernière norme d'essai internationale IEC 62552-1-2-3 :2015+AMD1 :2020 et le règlement type U4E (United for Efficiency) (U4E, 2019a) pour le calcul de la consommation d'énergie standard.

4.1.1 Paramètres U4E pour les réfrigérateurs domestiques

L'équation 1 montre le calcul de l'indice d'efficacité énergétique représenté par R, qui est défini comme la consommation d'énergie standard (AEC_{Max}) divisée par la consommation d'énergie en laboratoire (AEC) à la température ambiante de référence correspondante. Un R=2 signifie que la consommation d'énergie du réfrigérateur testé est la moitié de la consommation d'énergie standard.

$$R = (AEC_{Max})/AEC$$

Équation 1

Le modèle de réglementation est basé sur les meilleures pratiques internationales et a été élaboré par des dizaines d'experts avec le soutien de l'industrie. En outre, les réglementations d'autres pays, comme le Rwanda, sont également basées sur les paramètres U4E.

Le champ d'application du règlement type U4E comprend tous les appareils frigorifiques du type à compression de vapeur, avec un volume interne net nominal égal ou supérieur à 10 litres (l) et égal ou inférieur à 1 500 litres (l), alimentés par le réseau électrique et proposés à la vente ou installés dans toute application.

¹¹ Communauté économique des États de l'Afrique de l'Ouest

La majorité des modèles ayant une étiquette énergétique dans l'évaluation du marché Burkinabè sont testés pour le groupe climatique T (Tropical) et ST (Subtropical)¹². Par conséquent, il est recommandé d'utiliser une température ambiante de référence de 32°C, même si elle est un peu plus élevée que la température intérieure moyenne, cette différence compensera la consommation d'énergie de traitement des charges, qui n'est pas prise en compte lors des tests en laboratoire. D'autres pays, comme les États-Unis, la Colombie ou le Mexique, utilisent également 32°C comme température ambiante de référence.

Le Tableau 16 montre les équations de l'U4E pour calculer l'AEC_{Max} à la température ambiante de référence de 32°C. Trois équations différentes sont utilisées en fonction du type de réfrigérateur : Réfrigérateur, Réfrigérateur-congélateur et Congélateurs. Des informations plus détaillées sur la classification des réfrigérateurs dans le règlement type U4E peuvent être trouvées dans le matériel d'appui (U4E, 2021) du règlement.

AV désigne le volume ajusté, qui dépend de la température des différents compartiments (T_{ci}) qui composent le réfrigérateur. L'AV peut être calculé par l'équation 2 comme suit :

$$\text{Adjusted Volume (AV)} = \sum_{i=1}^n \left[(V_i \times F_i) \times \frac{32 - T_{ci}}{32 - 4} \right] \quad \text{Équation 2}$$

Où V_i est le volume en litres du compartiment i_{th}, F_i est le facteur de compensation pour le dégivrage automatique dans les compartiments congelés (qui est égal à 1,1, ou 1,0 pour les autres cas). Et T_{ci} est la température de consigne du compartiment i_{th}, qui doit être définie conformément à la norme d'essai IEC 62552-1-2-3 :2015+AMD1 :2020.

Tableau 16 : Équations de l'AEC_{Max} U4E pour les trois catégories de réfrigérateurs à une température ambiante de 32°C (Source : Règlement type U4E pour les réfrigérateurs).

Température de référence	Catégorie de produits	AEC _{Max} (kWh/an)
32°C	Réfrigérateurs	0,220AV+137
	Réfrigérateurs-congélateurs	0,288AV+210
	Congélateurs	0,268AV+247

Le Tableau 17 indique les températures cibles en fonction du type de compartiment.

Tableau 17 : Types de compartiment et températures cibles selon la norme IEC 62552-1-2-3 :2015+AMD1 :2020.

Type de compartiment	Température cible (°C)
Garde-manger	+17°C
Rangement du vin	+12°C
Grotte	+12°C
Produits frais	+4°C
Refroidissement	+2°C
0-star & fabrication de glace	0°C
1 étoile	-6°C
2 étoiles	-12°C
3 étoiles	-18°C
Congélateur (4 étoiles)	-18°C

La Figure 19 montre l'AEC_{max}, comme définie par U4E, à la température ambiante de référence de 32°C en fonction du volume ajusté pour les trois différents types de réfrigérateurs (réfrigérateur, congélateur uniquement, et combinaison de réfrigérateur et congélateur). Par conséquent, la valeur R pour les appareils (théoriques) présentés serait de 1. Il convient de noter que les équations U4E peuvent également être utilisées si la définition des niveaux de SMPE diffère de la réglementation du modèle U4E. Dans ce cas, les SMPE pourraient être définis à une valeur R différente.

¹² Commission Delegated Regulation (EU) No 1060/2010 of 28 September 2010 supplementing Directive 2010/30/EU of the European Parliament and of the Council about energy labelling of household refrigerating appliances Text with EEA relevance http://data.europa.eu/eli/reg_del/2010/1060/oj.

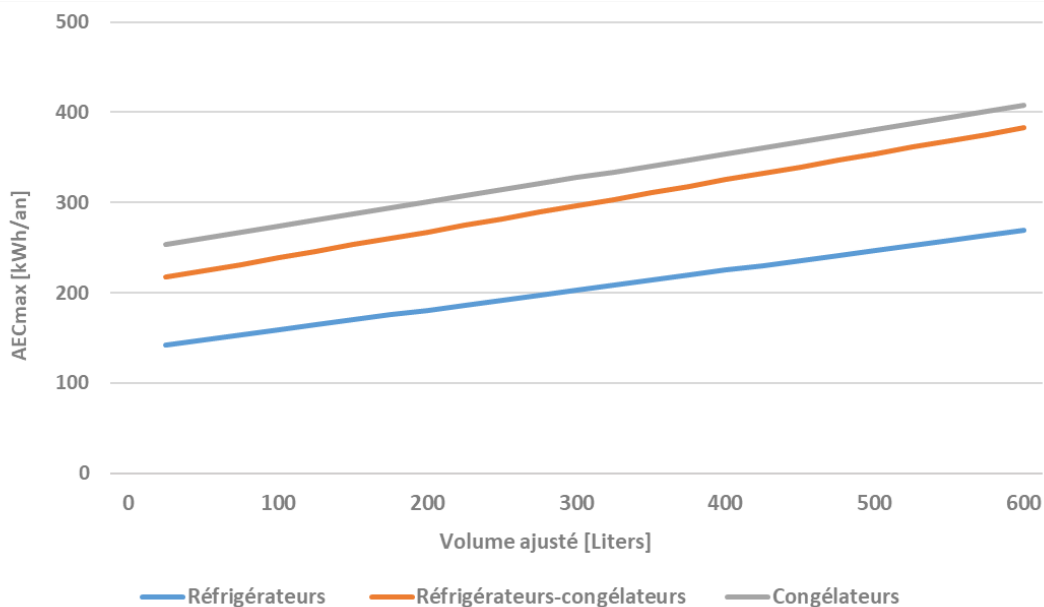


Figure 19 : Consommation énergétique annuelle maximale (AEC_{Max}) définie dans le règlement type U4E pour les trois différents types de réfrigérateurs.

4.1.2 Norme d'essai pour la consommation annuelle d'énergie (AEC)

Il est recommandé d'utiliser la dernière norme d'essai internationale IEC 62552-1-2-3 :2015+AMD1 :2020, qui est divisée en trois parties : 1) Exigences générales, 2) Exigences de performance, et 3) Consommation et volume d'énergie.

La nouvelle norme de test laisse certains paramètres ouverts qui doivent être spécifiés localement par chaque pays ou région. Par conséquent, même si la norme internationale est adoptée directement (sans adaptation locale), le pays doit spécifier ces paramètres pour éviter toute ambiguïté sur l'application de la norme. Ces paramètres sont discutés dans les sous-sections suivantes. Les spécifications locales peuvent être incluses dans la réglementation des normes et de l'étiquetage, ou dans le protocole de test spécifique du pays. Un résumé est présenté ici :

- Définir la température ambiante de référence : Puisque celle-ci est de 32°C, seul l'essai à 32°C sera requis ;
- Pour le calcul de l'AEC au Burkina Faso, il est recommandé d'exclure l'énergie de traitement des charges ;
- Pour la consommation d'énergie auxiliaire des résistances anti-condensation à régulation ambiante, le Burkina Faso doit élaborer un tableau de probabilité des températures intérieures et de l'humidité relative. S'il est difficile à élaborer pour le Burkina Faso, il est recommandé de copier d'autres économies, par exemple de l'Australie, comme l'a fait la Chine.

La norme EN 62552-1-2-3 :2020 est utilisée en Europe comme un équivalent de la norme CEI. La norme EN est basée sur la norme CEI 62552-1-2-3 :2015+AMD1 :2020 avec de petites adaptations locales. La nouvelle EN est entrée en vigueur en avril 2021 avec la nouvelle réglementation sur l'efficacité énergétique.

4.1.3 Niveaux des SMPE et étiquettes énergétiques

Le modèle de règlement U4E fournit des recommandations claires pour les SMPE et une catégorisation indicative des réfrigérateurs en fonction de la valeur R (Tableau 18). Cette catégorisation n'est pas une recommandation pour les gammes d'étiquettes, mais pour fournir des indications sur les niveaux d'efficacité des modèles de réfrigérateurs. Ces recommandations constituent la base des SMPE et des étiquettes proposées pour le Burkina Faso, en tenant compte de l'étude de marché réalisée dans le cadre de ce projet.

Tableau 18 : Classification des appareils frigorifiques (Source : règlement type U4E pour les réfrigérateurs).

Grade	Réfrigérateurs	Réfrigérateurs-Congélateurs	Congélateurs
Haute efficacité	$R \geq 1,50$	$R \geq 1,50$	$R \geq 1,50$
Intermédiaire	$1,25 \leq R < 1,50$	$1,25 \leq R < 1,50$	$1,25 \leq R < 1,50$
Faible efficacité	$1,00 \leq R < 1,25$	$1,00 \leq R < 1,25$	$1,00 \leq R < 1,25$

Le graphique de fréquence (Figure 20) montre que 29% du marché est en dessous de $R=1$, qui est la norme recommandée par U4E. Sur la base du graphique de fréquence, nous proposons de fixer le SMPE pour éliminer, dans un premier temps, les appareils les moins efficaces en 2025, ce qui correspond à un $R=0,85$. La part de marché de ces modèles à très faible efficacité est d'environ 17% ce qui est comparativement faible. Par conséquent, l'augmentation de l'efficacité énergétique sur le marché sera encore renforcée dans les années suivantes en ajustant les SMPE. Nous proposons également de laisser environ deux (02) ans entre l'annonce du règlement et sa mise en œuvre pour permettre au marché de se préparer en conséquence. Un resserrement des SMPE est proposé pour 2027, lorsque le niveau de $R=1$ recommandé par U4E devrait être introduit. Sur la base de l'analyse actuelle du marché, 12% d'équipements supplémentaires seraient donc visés par le resserrement en 2027. Enfin, nous proposons une transition pour que les appareils ménagers atteignent des efficacités supérieures à $R<1,25$ d'ici 2030. Cela représente 26% supplémentaires de réfrigérateurs.

Avec la mise en œuvre des SMPE et du système d'étiquetage, une base de données des produits devrait être introduite. La base de données des produits devrait contenir les paramètres techniques de tous les réfrigérateurs mis sur le marché Burkinabè et les chiffres de vente correspondants. Une telle base de données permettrait aux autorités de suivre les progrès de la mise en œuvre de la politique énergétique et fournit une base solide pour le renforcement futur des normes d'émission.

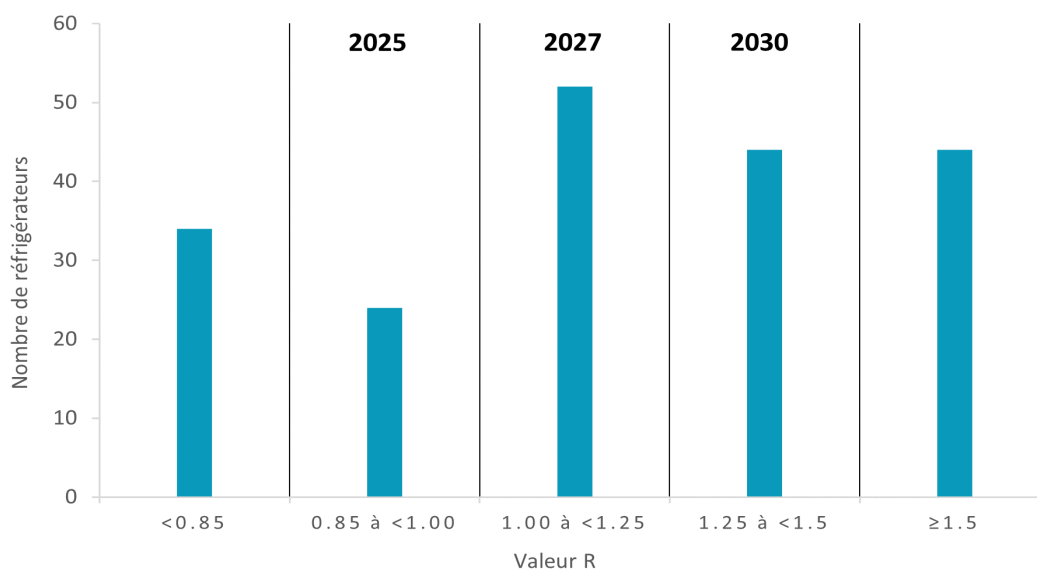


Figure 20 : Distribution de fréquence de l'efficacité énergétique des réfrigérateurs étudiés (basée sur une température ambiante de 32°C), les lignes rouges et les années indiquent les SMPE proposés.

Le système d'étiquetage proposé contient cinq catégories et est présenté dans le Tableau 19. A chaque renforcement du SMPE, une catégorie est supprimée dans le bas. On s'attend à ce que les deux catégories supérieures représentent environ 30% au moment de la mise en œuvre et elles sont destinées à stimuler le marché pour qu'il fournisse davantage de modèles appartenant à ces catégories d'efficacité supérieure.

Tableau 19 : Schéma d'étiquetage proposé pour les réfrigérateurs et les congélateurs.

Catégorie	Valeur R	Date, lorsque le SMPE proposé a supprimé cette catégorie
5	≥ 1,5	
4	1,25 à < 1,5	2030
3	1,00 à < 1,25	2027
2 (SMPE)	0,85 à < 1,00	2025
1	< 0.85	

Le calendrier proposé pour la mise en œuvre est conçu pour permettre des périodes de transition adéquates pour que le marché s'adapte aux SMPE et aux étiquettes, mais il est également suffisamment ambitieux pour s'aligner sur les niveaux SMPE recommandés dans les sept prochaines années (Tableau 20).

Tableau 20 : Calendrier proposé pour la mise en œuvre des SMPE et des étiquettes énergétiques pour les réfrigérateurs et les congélateurs.

Année	Action
2023	Discussion et conception de la réglementation des SMPE et des étiquettes
2024	Finalisation du règlement Sensibilisation au prochain système d'étiquetage et au SMPE Définition des responsabilités pour la base de données des produits
2024	Période de transition du marché. Étiquetage obligatoire à partir de novembre 2024 Exécution pilote de la base de données du projet.
2025	Le premier niveau SMPE entre en vigueur, éliminant tous les modèles avec $R < 0,85$ La base de données des produits devient pleinement opérationnelle
2027	Le deuxième niveau SMPE entre en vigueur, éliminant tous les modèles avec $R < 1,00$
2030	Le troisième niveau SMPE entre en vigueur, éliminant tous les modèles avec $R < 1,25$.

La Figure 21 compare les SMPE proposés pour le Burkina Faso avec celles d'autres pays. Les normes du Burkina Faso pour 2025 sont moins strictes que les normes européennes (également de 2014), mais légèrement plus strictes que les normes colombiennes et chiliennes. Les normes chiliennes datent de 2015 et sont en train d'être mises à jour pour devenir plus strictes. Pour 2027, il est proposé d'appliquer le SMPE conformément à la recommandation U4E, en accord avec les normes de l'UE pour 2024. Cela permettrait d'aligner le SMPE du Burkina Faso sur les meilleures pratiques internationales d'ici 2027, mais donnerait également au pays le temps de s'adapter.

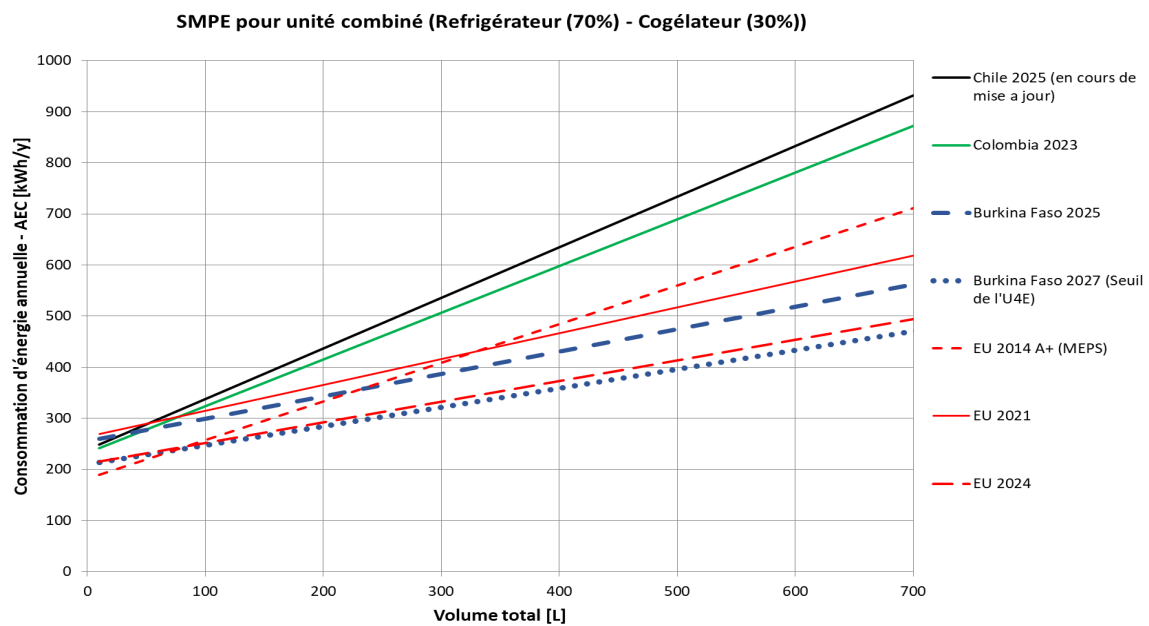


Figure 21 : Comparaison internationale des normes SMPE : Consommation énergétique annuelle maximale en fonction du volume pour les appareils combinés (Réfrigérateur-Congélateur).

4.1.4 Exigences relatives aux réfrigérants et aux agents d'expansion de mousse.

Les réfrigérants naturels sont largement utilisés dans les réfrigérateurs domestiques de nos jours. Par conséquent, les valeurs suivantes (Tableau 21) en matière de potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone (PACO) et de potentiel de réchauffement planétaire (PRG) sur 100 ans peuvent être appliquées au réfrigérant et à l'agent d'expansion de la mousse isolante dans la réfrigération domestique :

Tableau 21 : Exigences en matière de PRG et de PACO des réfrigérants.

Classe de produit	PRG	PACO
Tous les types	En dessous de 10	0

Ces limites peuvent être appliquées dans la législation spécifique aux réfrigérants, ou directement dans les normes SMPE et les normes d'étiquetage qui entreront en vigueur lors de la prochaine révision. Néanmoins, s'il y a des fabricants locaux qui ne se conforment toujours pas à ces exigences, il faut leur donner suffisamment de temps pour la conversion des lignes de production. Le fait de les soutenir dans cette transition accélérera le processus.

4.2 Climatiseurs d'air

Nous recommandons d'utiliser une mesure saisonnière pour tenir compte de la consommation d'énergie sur une saison de refroidissement. L'approche saisonnière est bien adaptée pour tenir compte des avantages des compresseurs de type onduleur (à vitesse variable) dans des conditions de charge partielle. La norme d'essai ISO 16358-1 :2013/Amd 1 :2019, fournit une méthode pour tester et ensuite calculer le facteur de performance de la saison de refroidissement (CSPF) pour différents groupes climatiques. Ce système est encore étendu par les règlements du modèle U4E pour fournir des conseils sur les groupes climatiques applicables pour tous les pays.

4.2.1 Portée

Le règlement type U4E inclut dans son champ d'application tous les climatiseurs électriques monophasés non gainés, mono-unitaires, autonomes et refroidis par air (également les unités réversibles), et les climatiseurs portables, qui représentent la plupart des climatiseurs de moins de 16 kW. Néanmoins, même si les climatiseurs à conduits et multi-unitaires sont minoritaires dans les applications résidentielles et commerciales légères, nous recommandons de les inclure dans le règlement afin d'éviter les lacunes et d'éviter de développer un règlement spécifique aux produits à l'avenir.

L'analyse du marché a montré que 75% des climatiseurs au Burkina Faso ont une capacité inférieure ou égale à 4,5 kW, 25% ont une capacité comprise entre 4,5 kW et 9,5 kW et seulement 1% ont une capacité comprise entre 9,5 kW et 16 kW. Ces trois catégories de capacité de refroidissement sont donc utilisées pour définir les SMPE. Elles sont définies conformément aux réglementations du modèle U4E et régiront la plupart des climatiseurs résidentiels et commerciaux légers dans le pays.

4.2.2 Normes et conditions d'essai

Nous recommandons d'utiliser la norme d'essai internationale¹³ ISO 16358-1 :2013/Amd 1 :2019 pour calculer le coefficient de performance saisonnier de refroidissement (CSPF). Cette norme inclut la méthodologie et les conditions d'essai pour calculer le CSPF, et fait référence à d'autres normes qui incluent les procédures d'essai pour tester l'unité en laboratoire, ce qui pourrait dépendre du type de climatiseur.

En ce sens, les principales normes d'essai à prendre en compte sont les suivantes :

- **ISO 16358 :2013 (y compris l'ISO 16358-1 :2013/AMD1 :2019 pour les climats chauds) : Climatiseurs à condensation par air et pompes à chaleur air/air - Méthodes d'essai et de calcul des facteurs de performance saisonnière - Partie 1 à 3.**
- **ISO 5151 :2017 Climatiseurs et pompes à chaleur sans conduit - Essai et évaluation des performances.**
- **ISO 13253 :2017 Climatiseurs à conduits et pompes à chaleur air/air - Essai et évaluation des performances.**
- **ISO 15042 :2017/AMD 1 :2020 Climatiseurs multi-systèmes split et pompes à chaleur air/air - Essai et évaluation des performances.**
- **ISO 18326 :2018, Climatiseurs et pompes à chaleur air/air portables sans conduit d'évacuation ayant un seul conduit d'évacuation - Essai et évaluation des performances.**

13

Cette norme comprend trois parties, une pour calculer l'efficacité pour le refroidissement (CSPF), une autre pour le chauffage (HSPF), et une troisième pour le refroidissement et le chauffage ensemble (APF).

La norme ISO 16358-1 :2013 inclut une distribution de fréquence de température, c'est-à-dire le nombre d'heures pendant lesquelles un climatiseur fonctionnera à une certaine température, pour calculer le CSPF. Néanmoins, la plupart des pays utilisent leur propre distribution de température, qui peut néanmoins être utilisée avec la norme ISO 16358-1 :2013 pour calculer le CSPF.

En raison des températures ambiantes élevées atteintes au Burkina Faso, il est recommandé d'utiliser la zone climatique de température ambiante élevée OB suggérée dans le règlement type U4E (voir Tableau 22). Une autre option serait de définir une distribution spécifique des heures de la tranche de température basée sur différentes régions climatiques et en considérant la population de ces régions.

Le Burkina Faso s'étend sur deux groupes climatiques primaires : le groupe 1 et le groupe 2 sec, couvrant quatre sous-groupes climatiques secondaires : OA (extrêmement chaud-humide), OB (extrêmement chaud-sec), 1A (très chaud-humide) et 1B (très chaud-sec). La plupart de la population Burkinabè réside dans le groupe OB. Ainsi nous recommandons ce groupe climatique unique pour le SMPE et l'étiquetage énergétique, comme indiqué dans le règlement type U4E.

Il y a 2 points de test requis pour un climatiseur à vitesse variable (type onduleur) utilisant la zone climatique OB, un à pleine capacité à une température ambiante de 35°C et un autre à demi-capacité à 35°C.

Tableau 22 : Distribution des heures de température pour le climat OB (Groupe 2) pour les CA en mode refroidissement.

Température extérieure	OB (Groupe 2) Extrêmement chaud-sec
°C	Heures à cette température
21	18
22	40
23	74
24	130
25	198
26	241
27	290
28	329
29	364
30	381
31	388
32	393
33	372
34	307
35	255
36	213
37	185
38	155
39	131
40	106
41	88
42	71
43	55
44	41
45	27
46	19
47	11
48	6
49	3
50	1
Total	4892

4.2.3 Niveaux des SMPE et étiquettes énergétiques pour les climatiseurs au Burkina Faso

Seuls seize climatiseurs unitaires de l'étude de marché portaient une étiquette indiquant l'efficacité énergétique saisonnière. En revanche, cent soixante et un (161) appareils avaient un EER calculé dans des conditions standard. Celles-ci ne sont pas explicitement indiquées et sont supposées être T1 (35°C à l'extérieur et sec) car il s'agit des conditions les plus courantes. Pour l'analyse, l'EER est calculé pour les seize unités ayant un SEER.

Le modèle de règlement U4E donne une recommandation pour les SMPE dans la zone climatique OB, qui dépend également de la capacité du système. Comme les normes recommandées par l'U4E sont très élevées pour le marché Burkinabè, nous suggérons de prendre ces normes comme guide pour la réglementation au Burkina Faso et de prévoir des périodes adéquates pour la transition du marché. Des étapes intermédiaires suggérées et un calendrier seront proposés dans la section suivante, sur la base de l'étude de marché. Pour notre analyse, nous avons approximé les valeurs d'efficacité énergétique des modèles qui sont sur le marché au Burkina Faso pour l'efficacité saisonnière correspondant au groupe climatique OB.

Étant donné que le marché Burkinabè est divisé en trois (03) catégories du modèle de réglementation U4E, nous utilisons les trois pour l'analyse. La première catégorie va jusqu'à $\leq 4,5$ kW, la deuxième est définie de $>4,5$ à $<9,5$ kW et la troisième est égale ou inférieure à $\geq 9,5$ kW. Lorsque le marché se différencierait davantage et que les niveaux de SMPE deviendraient plus ambitieux, d'autres catégories pourraient être introduites. Cependant, plusieurs pays où les températures sont élevées (par exemple l'Arabie Saoudite et le Qatar) n'ont qu'une seule catégorie de capacité pour les climatiseurs unitaires.

Les Figure 22, Figure 23 et Figure 24 montrent les SMPE suggérés pour les trois catégories, en commençant par éliminer en 2025 tous les modèles dont le CSPF est inférieur à 3,1, 3,0 et 2,7 pour la catégorie 1 (CC $\leq 4,5$ kW), la catégorie 2 (CC entre 4,5 kW et 9,5 kW) et la catégorie 3 (CC $\geq 9,5$ kW) respectivement. En utilisant une approche progressive, les niveaux minimaux de SMPE recommandés par U4E de 4,6, 4,0 et 3,7 (pour les 3 catégories respectivement) seront atteints en 2028. La transition du marché doit être surveillée à l'aide d'une base de données de produits contenant tous les modèles approuvés pour être commercialisés au Burkina Faso avec les paramètres techniques et les numéros d'importation. Sur la base de ces données collectées, les futurs niveaux de SMPE devraient être évalués avant leurs la mise en œuvre.

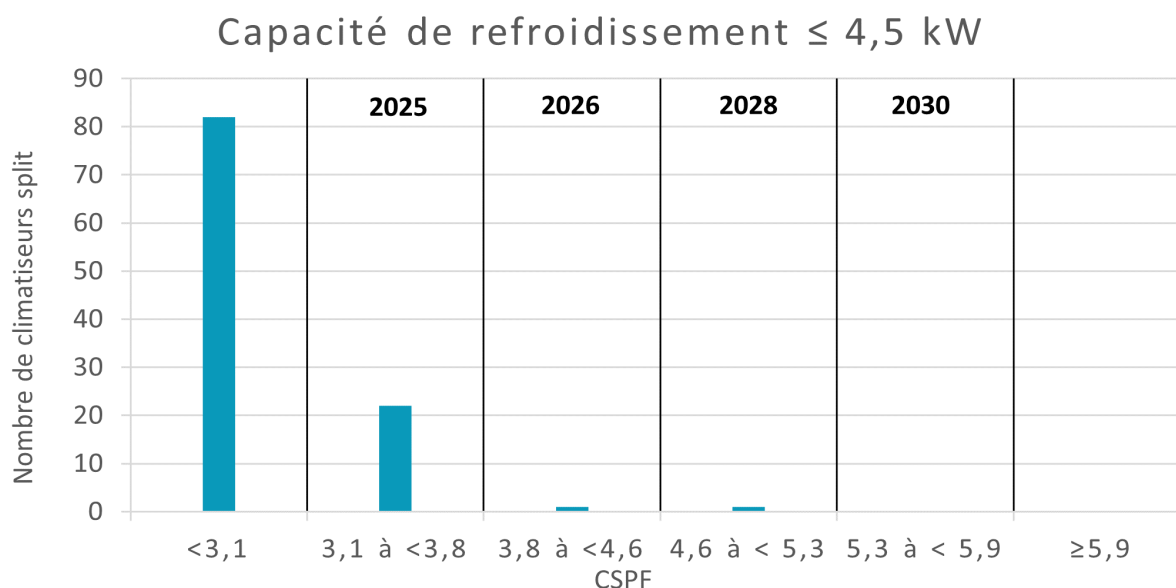


Figure 22 : Distribution de fréquence de l'efficacité énergétique des CA étudiés avec une capacité de refroidissement $\leq 4,5$ kW (sur la base du CSPF estimé pour le groupe climatique OA), les lignes noir verticales et les années indiquent les SMPE proposés.

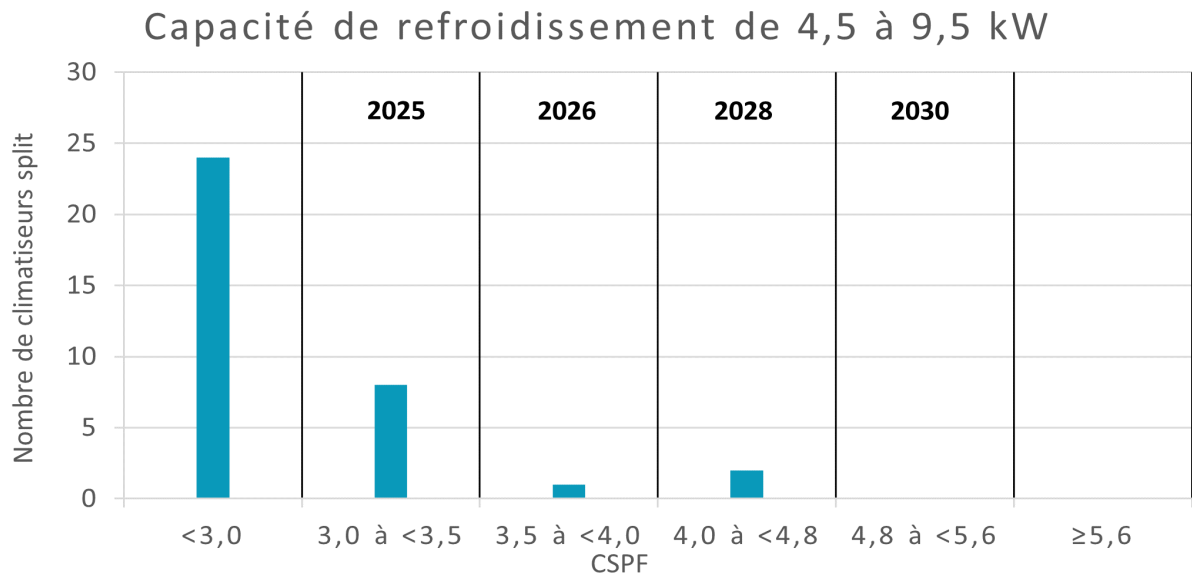


Figure 23 : Distribution de fréquence de l'efficacité énergétique des CA étudiés avec une capacité de refroidissement de 4.5 kW à 9.5 kW (basée sur le CSPF estimé pour le groupe climatique OB), les lignes noir verticales et les années indiquent les SMPE proposés.

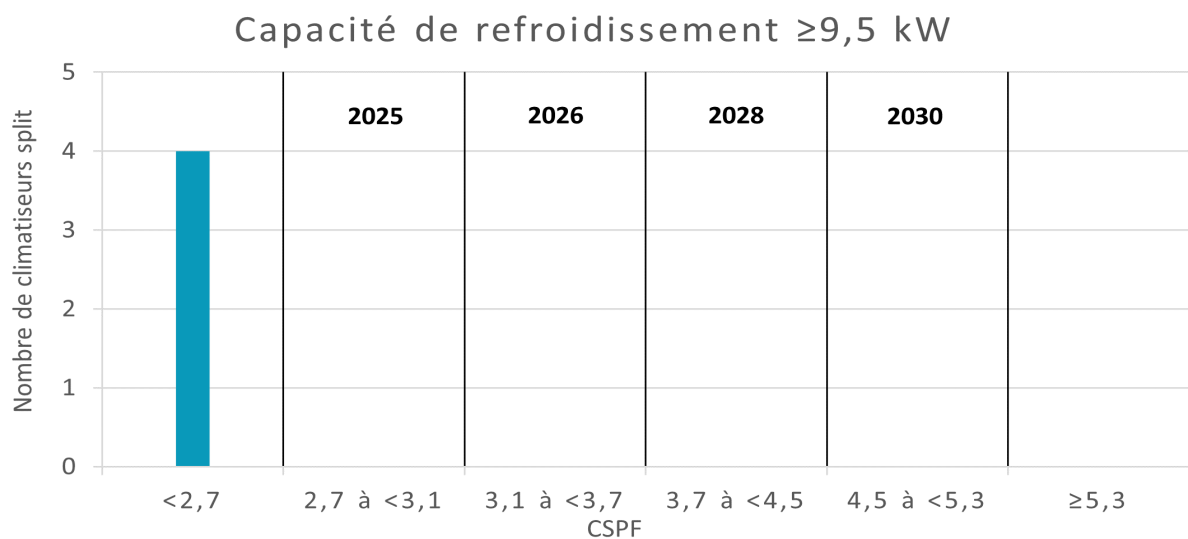


Figure 24 : Distribution de fréquence de l'efficacité énergétique des CA étudiés avec une capacité de refroidissement ≥ 9.5 kW (basée sur le CSPF estimé pour le groupe climatique OB), les lignes noir verticales et les années indiquent les SMPE proposés.

Le plan d'étiquetage proposé contient six catégories comme illustré dans le Tableau 23. A chaque renforcement du SMPE, une catégorie est éliminée par le bas. Les trois catégories supérieures (Figure 22, Figure 23 et Figure 24) sont presque vides dans la structure actuelle du marché et sont destinées à stimuler le marché pour qu'il fournisse davantage de modèles qui entrent dans ces catégories hautement efficaces.

Tableau 23 : Schéma d'étiquetage proposé pour les climatiseurs unitaires.

Catégorie	Limites CSPF pour CC ≤ 4,5 kW (calculées pour le groupe climatique 0B)	Limites CSPF pour CC >4,5 à 9,5 kW (calculées pour le groupe climatique 0B)	Limites CSPF pour CC ≥ 9,5 kW (calculées pour le groupe climatique 0A)	Date, lorsque le SMPE proposé a supprimé cette catégorie
6	≥ 5,9	≥ 5,6	≥ 5,3	
5	5,3 à < 5,9	4,8 à < 5,6	4,5 à < 5,3	2030
4	4,6 à < 5,3	4,0 à < 4,8	3,7 à < 4,5	2028
3	3,8 à < 4,6	3,5 à < 4,0	3,1 à < 3,7	2026
2 (SMPE)	3,1 à < 3,8	3,0 à < 3,5	2,7 à < 3,1	2025
1	< 3,1	< 3,0	< 2,7	

Dans un premier temps, les SMPE établis par la directive n° 4 de l'UEMOA peuvent être appliqués de façon obligatoire. Toutefois, ce niveau de SMPE est nettement inférieur au niveau proposé par le règlement type U4E. En outre, les SMPE de l'UEMOA sont exprimés en EER, tandis que U4E utilise la métrique saisonnière CSPF comme décrit ci-dessus. Cet exercice est principalement un exercice de sensibilisation, car le niveau des SMPE est très faible et a peu d'influence sur les améliorations de l'efficacité énergétique.

Toutes les classes d'efficacité énergétique telles que définies dans la directive de l'UEMOA, exprimées en EER, sont inférieures à la catégorie d'efficacité la plus faible proposée par le règlement modèle U4E (exprimée en CSPF), comme le montre Tableau 24. Par conséquent, il est proposé de passer directement au CSPF et de se préparer à un SMPE ambitieux à mettre en œuvre d'ici 2024/25.

Tableau 24 : Comparaison entre les SMPE recommandés de U4E et les SMPE de l'UEMOA (capacités jusqu'à 9,5 kW).

Catégorie	CC ≤ 4,5 kW		CC >4,5 à 9,5 kW		CC ≥ 9,5 kW	
	Limites CSPF (calculées pour le groupe climatique 0B)	Limites du EER de l'UEMOA (CSPF estimé, pour la vitesse fixe)	Limites CSPF (calculées pour le groupe climatique 0B)	Limites du EER de l'UEMOA (CSPF estimé, pour la vitesse fixe)	Limites CSPF (calculées pour le groupe climatique 0B)	Limites du EER de l'UEMOA (CSPF estimé, pour la vitesse fixe)
6	≥ 5,9		≥ 5,6		≥ 5,3	
5	5,3 à < 5,9		4,8 à < 5,6		4,5 à < 5,3	
4	4,6 à < 5,3		4,0 à < 4,8		3,7 à < 4,5	
3	3,8 à < 4,6		3,5 à < 4,0		3,1 à < 3,7	
		3,6 (3,1)		3,5 (3,0)		3,3 (2,8)
2 (SMPE)	3,1 à < 3,8	3,4 (2,9)	3,0 à < 3,5	3,3 (2,8)	2,7 à < 3,1	3,1 (2,7)
1	< 3,1	3,2 (2,8)	< 3,0	3,1 (2,7)	< 2,7	2,9 (2,5)

Le calendrier proposé pour la mise en œuvre est conçu pour permettre des périodes de transition adéquates pour que le marché s'adapte aux SMPE et aux étiquettes, mais il est également suffisamment ambitieux pour s'aligner sur les niveaux de SMPE recommandés dans les sept prochaines années (Tableau 25).

Tableau 25 : Calendrier proposé pour la mise en œuvre du SMPE et des étiquettes pour les CA.

Année	Action
2023	Discussion et conception de la réglementation des SMPE et des étiquettes Appliquer les SMPE de l'UEMOA
2024	Finalisation du règlement Sensibilisation au prochain système d'étiquetage et au SMPE Définition des responsabilités pour la base de données des produits
2024	Période de transition du marché. Étiquetage obligatoire à partir de novembre 2024 Exécution pilote de la base de données du projet.
2025	Le premier niveau SMPE entre en vigueur, éliminant tous les modèles avec CSPF < 3,1, 3,0 ou 2,7 (selon la capacité de refroidissement). La base de données des produits devient pleinement opérationnelle
2026	Le deuxième niveau de SMPE entre en vigueur, éliminant tous les modèles avec CSPF < 3,8, 3,5 ou 3,1 (selon la capacité de refroidissement).
2028	Le troisième niveau SMPE entre en vigueur, éliminant tous les modèles avec CSPF < 4,6, 4,0 ou 3,7 (selon la capacité de refroidissement).
2030	Le quatrième niveau de SMPE entre en vigueur, éliminant tous les modèles avec CSPF < 5,3, 4,8 ou 4,5 (selon la capacité de refroidissement).

La Figure 25 montre les catégories U4E d'efficacité inférieures proposées en comparaison avec les niveaux de SMPE sélectionnés. La proposition U4E est conforme aux normes chinoises actuellement en vigueur, où la plupart des appareils sont fabriqués.

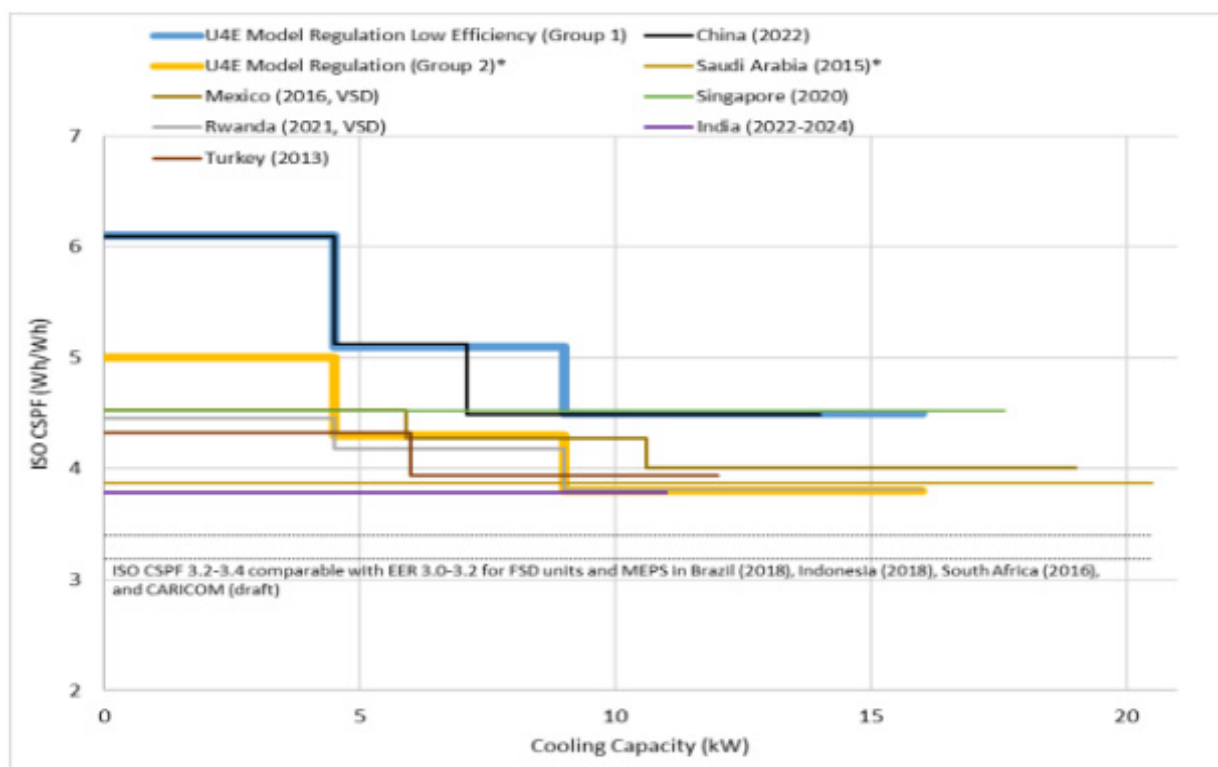


Figure 25 : Comparaison de certains systèmes de SMPE internationaux. Source : (U4E, 2019b)

4.2.4 Exigences en matière de réfrigérant

L'industrie de la climatisation est en train de passer à des réfrigérants à faible PRG. Alors que les climatiseurs portables utilisent couramment des réfrigérants naturels (par exemple, en Europe), les climatiseurs unitaires avec des réfrigérants naturels sont encore rares sur le marché (bien qu'une croissance soit attendue dans les années à venir). Par conséquent, les mêmes exigences que pour les réfrigérateurs domestiques ne peuvent pas être utilisées. En ce qui concerne le règlement type U4E pour les climatiseurs, les exigences réalisables en matière de potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone (PACO) et de potentiel de réchauffement global (PRG) sur 100 ans qui peuvent être appliquées pour le réfrigérant des climatiseurs sont indiqués dans le Tableau 26 ci-dessous.

Tableau 26 : Exigences relatives au PRG et au PACO des réfrigérants pour les climatiseurs selon le modèle U4E.

Classe de produit	PRG	PACO
Système autonome	En dessous de 150	0
Systèmes unitaires	En dessous de 750 ¹⁴	0

Ces limites peuvent être appliquées dans la législation spécifique aux réfrigérants, ou directement dans les normes SMPE et les normes d'étiquetage qui entreront en vigueur lors de la prochaine révision. Néanmoins, si certains fabricants locaux/régionaux ne se conforment toujours pas à ces exigences, il convient de prévoir suffisamment de temps pour la conversion des lignes de production. Le fait de les soutenir dans cette transition accélérera le processus.

En outre, étant donné que la limite de 750 PRG devrait être une exigence transitoire (au moins pour les capacités inférieures à 7 kW) jusqu'à ce qu'une plus grande expérience soit acquise avec les réfrigérants naturels, si un soutien est apporté aux fabricants locaux pour modifier leurs lignes de production, il est recommandé de préparer l'usine à travailler avec des réfrigérants naturels.



14 Le 6^e rapport d'évaluation du GIEC indique que le PRG de R32 est de 771, par rapport au 5^e rapport d'évaluation, lorsque la valeur a été déclarée à 677.

5 APERÇU ET PROJECTION DE LA DEMANDE D'ÉLECTRICITÉ ET DES ÉMISSIONS PROVENANT DE LA CLIMATISATION ET DE LA RÉFRIGÉRATION DOMESTIQUE AU BURKINA FASO

5.1 Vue générale sur la climatisation et de la réfrigération domestique

La demande d'électricité (Figure 26) dans le scénario « Business As Usual » (BAU) des deux secteurs (réfrigération et climatisation domestique) étudiés s'élève à 1154 GWh en 2022. Pour le développement dans le cadre d'un scénario BAU, la tendance suit généralement les taux de propriété projetés.

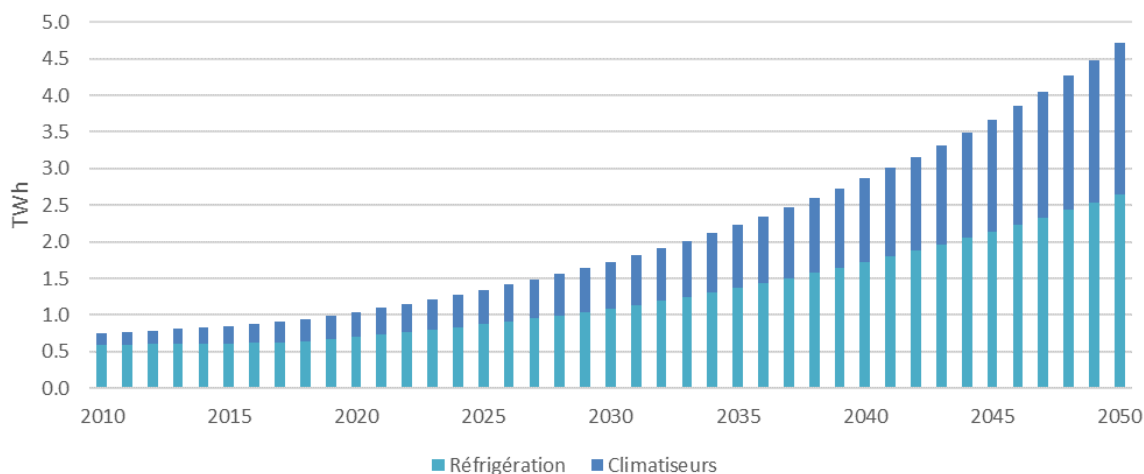


Figure 26 : Projection de la demande d'électricité au Burkina Faso pour les deux secteurs étudiés dans le scénario BAU (Source : Analyse HEAT).

La demande totale d'électricité au Burkina pour 2018 est rapportée à 2350 GWh (UEMOA, 2019). Cela montre que les secteurs étudiés représentent une part considérable, d'environ 40%, de la demande totale (relative à la demande d'énergie estimées des CA et des réfrigérateurs domestiques en 2018 de 942 GWh). Les taux de croissance projetés montrent l'urgence de mettre en place des politiques ambitieuses d'efficacité énergétique pour freiner les taux de croissance élevés et ainsi réduire le besoin de plus de capacité de production électrique.

La consommation énergétique calculée se traduit par des émissions de 0,68 MtCO₂ eq (2022) avec un facteur d'émission du réseau actuel de 0,562 kgCO₂/kWh¹⁵. Avec un facteur d'émission du réseau constant, ces émissions devraient passer à 2,6 MtCO₂ eq en 2050 (Figure 28).

Les scénarios de mitigation (MIT) développés pour les deux secteurs étudiés peuvent conduire à une atténuation cumulée de 335 ktCO₂ eq jusqu'en 2030 grâce à la réduction cumulée de la consommation d'énergie de 597 GWh (Figure 27). En mettant en œuvre les mesures de mitigation proposées, la croissance des émissions jusqu'en 2050 peut être considérablement réduite : d'environ 27% en 2050 (Figure 28). Des chiffres plus détaillés sont fournis dans le Tableau 27.

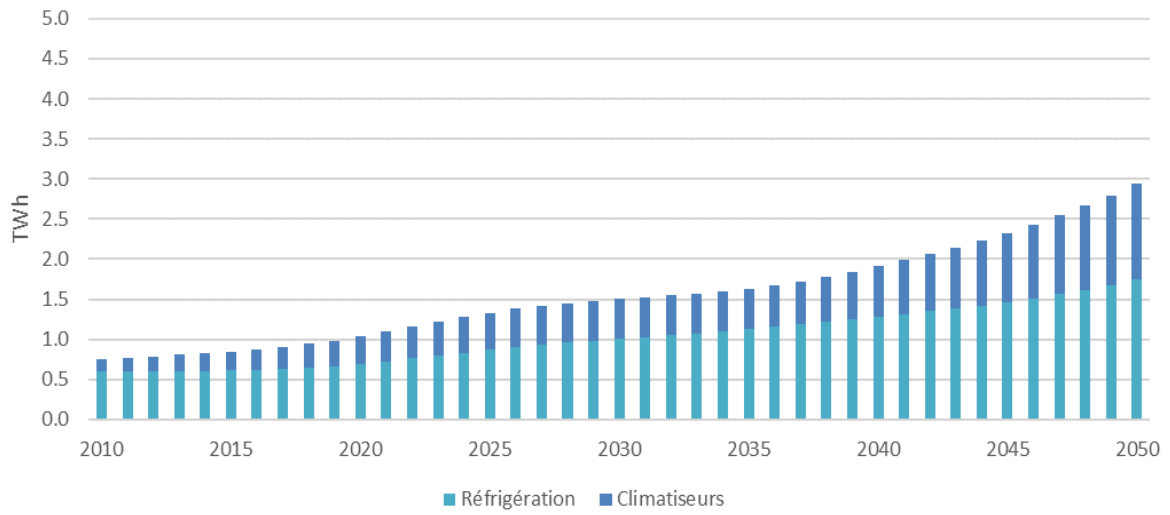


Figure 27 : Demande d'électricité projetée au Burkina Faso à partir des deux secteurs étudiés dans le scénario de mitigation (Source : Analyse HEAT).

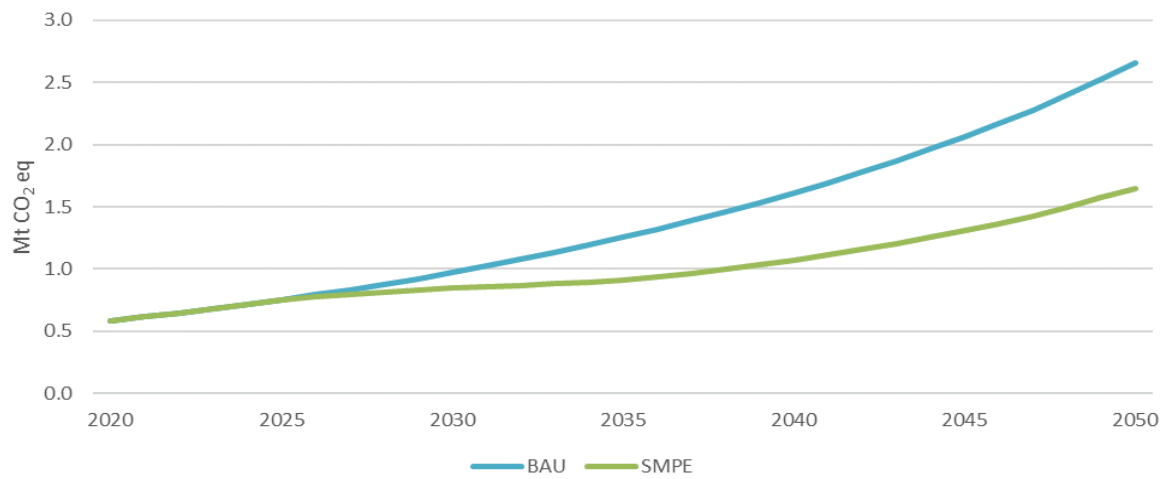


Figure 28 : Projection des émissions dues à la consommation d'énergie des deux applications étudiées au Burkina Faso pour le scénario BAU et le scénario de mitigation (Source : Analyse HEAT).

Tableau 27 : Demande d'énergie et émissions résultantes pour les scénarios BAU et de mitigation pour les deux applications étudiées au Burkina Faso et les économies associées.

Scénario du statu quo								
Année	Demande d'électricité (GWh)				Émissions provenant de la consommation d'électricité (ktCO ₂ eq)			
	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050
Climatiseurs unitaires	342	639	1144	2075	192	359	643	1166
Réfrigérateurs	695	1090	1720	2646	391	612	967	1487
Total	1037	1729	2865	4721	583	972	1610	2653
Scénario de mitigation								
Année	Demande d'électricité (GWh)				Émissions provenant de la consommation d'électricité (ktCO ₂ eq)			
	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050
Climatiseurs unitaires	342	501	626	1187	192	281	352	667
Réfrigérateurs	695	1008	1283	1750	391	566	721	983
Total	1037	1508	1909	2937	583	848	1073	1650
Économie								
Année	Demande d'électricité (GWh)				Émissions provenant de la consommation d'électricité (ktCO ₂ eq)			
	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050
Climatiseurs unitaires	0	138	518	888	0	78	291	499
Réfrigérateurs	0	82	437	896	0	46	246	504
Total	0	220	955	1784	0	124	537	1003
Économies cumulées								
Année	Demande d'électricité (GWh)				Émissions provenant de la consommation d'électricité (ktCO ₂ eq)			
	Jusqu'au	2030	2040	2050	Jusqu'au	2030	2040	2050
Climatiseurs unitaires		383	4039	10993		216	2270	6178
Réfrigérateurs		213	2859	9809		120	1607	5513
Total		597	6898	20803		335	3877	11691

Les émissions dues à l'utilisation de réfrigérants peuvent être atténuées en utilisant des réfrigérants à faible PRG comme le montre la Figure 29 et le Tableau 28.

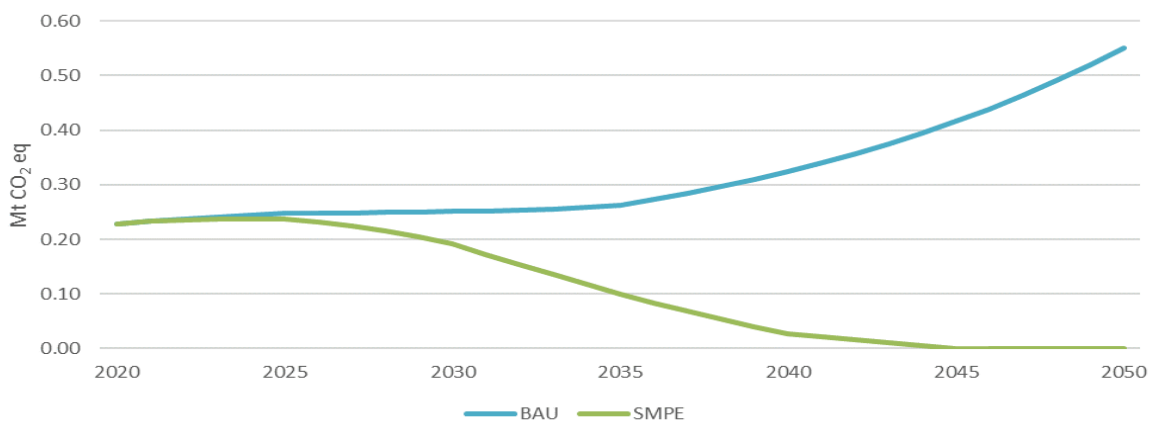


Figure 29 : Projections des émissions directes dues à l'utilisation de réfrigérants pour les deux applications étudiées au Burkina Faso dans le scénario BAU et le scénario de mitigation (Source : Analyse HEAT).

Tableau 28 : Émissions directes et totales pour le scénario BAU et le scénario de mitigation (MIT) pour les deux applications étudiées au Burkina Faso et les économies associées.

Scénario du statu quo								
	Émissions directes (ktCO ₂ eq)				Émissions totales (ktCO ₂ eq)			
Année	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050
Climatiseurs unitaires	63	140	286	550	255	499	929	1716
Réfrigérateurs	165	112	38	0	555	724	1005	1487
Total	228	251	324	551	811	1223	1934	3204
Scénario de mitigation								
	Émissions directes (kt CO ₂ eq)				Émissions totales (kt CO ₂ eq)			
Année	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050
Climatiseurs unitaires	63	90	0	0	255	372	352	667
Réfrigérateurs	165	101	27	0	555	667	748	984
Total	228	191	27	0	811	1039	1100	1651
Économie								
	Émissions directes (ktCO ₂ eq)				Émissions totales (ktCO ₂ eq)			
Année	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050
Climatiseurs unitaires	0	50	286	550	0	127	577	1049
Réfrigérateurs	0	11	11	0	0	57	256	504
Total	0	60	297	550	0	184	834	1553
Économies cumulées								
	Émissions directes (ktCO ₂ eq)				Émissions totales (ktCO ₂ eq)			
Année	Jusqu'au	2030	2040	2050	Jusqu'au	2030	2040	2050
Climatiseurs unitaires		152	1859	6044		367	4129	12223
Réfrigérateurs		53	161	269		173	1768	5782
Total		205	2020	6314		540	5897	18005

5.2 Scénarios d'émissions pour le sous-secteur de la réfrigération domestique

Pour la projection de la possession de réfrigérateurs, nous avons pris en compte deux facteurs clés : la progression prévue de l'électrification des ménages et l'augmentation des taux de possession parmi les ménages électrifiés.

5.2.1 Projections des ventes et des stocks

Le réfrigérateur est l'un des premiers appareils achetés lorsqu'un ménage est raccordé au réseau électrique. Les tendances des ventes et des stocks sont basées sur quelques points de données trouvés dans une base de données mondiale décrivant le nombre de ménages disposant d'un réfrigérateur au Burkina Faso sur la période 1999-2013. En outre, des données sur la croissance démographique et l'accès à l'électricité ont été utilisées pour réaliser ces estimations. Les données ont ensuite été comparées à une estimation réalisée à partir de la consommation de réfrigérants déclarée par le Burkina Faso dans les plans de gestion des déchets.

La population du Burkina Faso devrait augmenter de 22,1 millions actuels (2022)¹⁶ à environ 42 millions de personnes¹⁷ en 2050. Il s'agit d'une augmentation annuelle moyenne de 2,2 %. Dans le même temps, le nombre de ménages ayant accès à l'électricité passe de 1,1 millions en 2023 à plus de 6,4 millions en 2050, soit une multiplication par 5,8.

Les données d'importation des équipements de réfrigération et de climatisation ne contiennent pas d'informations sur le nombre d'appareils importés. En raison des codes douaniers assez larges pour ces équipements, les appareils regroupés sous le même code sont très inhomogènes et parfois seulement des parties d'appareils. Par conséquent, une corrélation entre la valeur des équipements et leurs nombres n'est pas possible.

Les ventes sont estimées sur la base de l'augmentation de la possession de réfrigérateurs par les ménages et de la date indiquée dans les plans de gestion du cycle de vie des produits. Les projections basées sur l'expansion du réseau électrique indiquent qu'il y aura près de trois millions de réfrigérateurs dans le pays d'ici 2025 et près de 9,5 millions d'ici 2050. La projection suivante suppose que d'ici 2050, 100% des ménages seront propriétaires de leur réfrigérateur. Ces hypothèses sont basées sur les objectifs de développement du pays et sur l'ambitieux plan d'électrification du Burkina Faso. Le gouvernement vise à atteindre un taux d'électrification de 95% dans les zones urbaines et de 50% dans les zones rurales d'ici 2030.

Avec une durée de vie de l'équipement présumée de 20 ans, les chiffres de vente sont déduits de cette augmentation de stock.

Un taux de croissance annuel cumulé (TCAC) de 5% est nécessaire pour atteindre cette croissance des stocks et des ventes annuelles d'environ 243 000 unités par an en 2025. Après 2024, une croissance annuelle de 4 à 5% est supposée pour atteindre 714 000 unités vendues en 2050. La Figure 30 montre le stock projeté tandis que la Figure 31 montre les ventes nécessaires pour soutenir l'évolution du stock projeté. L'analyse est réalisée en divisant le secteur de la réfrigération en trois sous-secteurs. Les réfrigérateurs, les réfrigérateurs-congélateurs et les congélateurs. On suppose que la répartition de ces sous-secteurs est respectivement de 10%, 80% et 10%. Ces pourcentages sont maintenus constants tout au long des années.



¹⁶ <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=BF>

¹⁷ <https://www.fao.org/inaction/asl2050/countries/bfa/ar/#:text=Burkina%20Faso%20va%20dramatiquement%20transformer,l%27%C3%A9conomie%20%20plus%20que%20quintupler.>

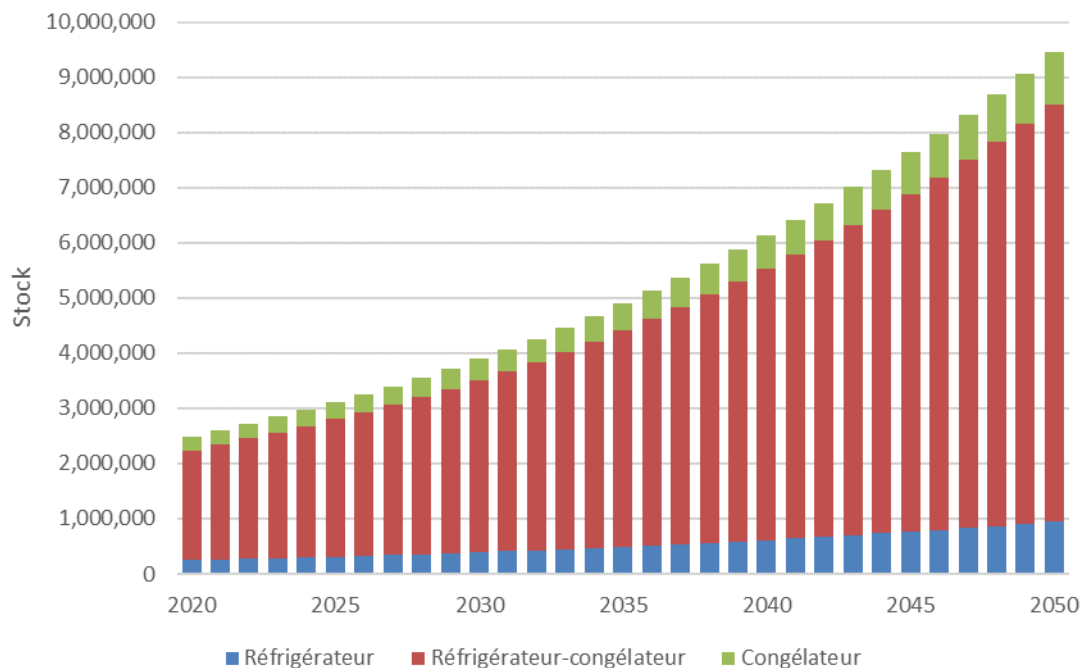


Figure 30 : Développement du parc de réfrigérateurs domestiques entre 2020 et 2050 (Source : Analyse HEAT).

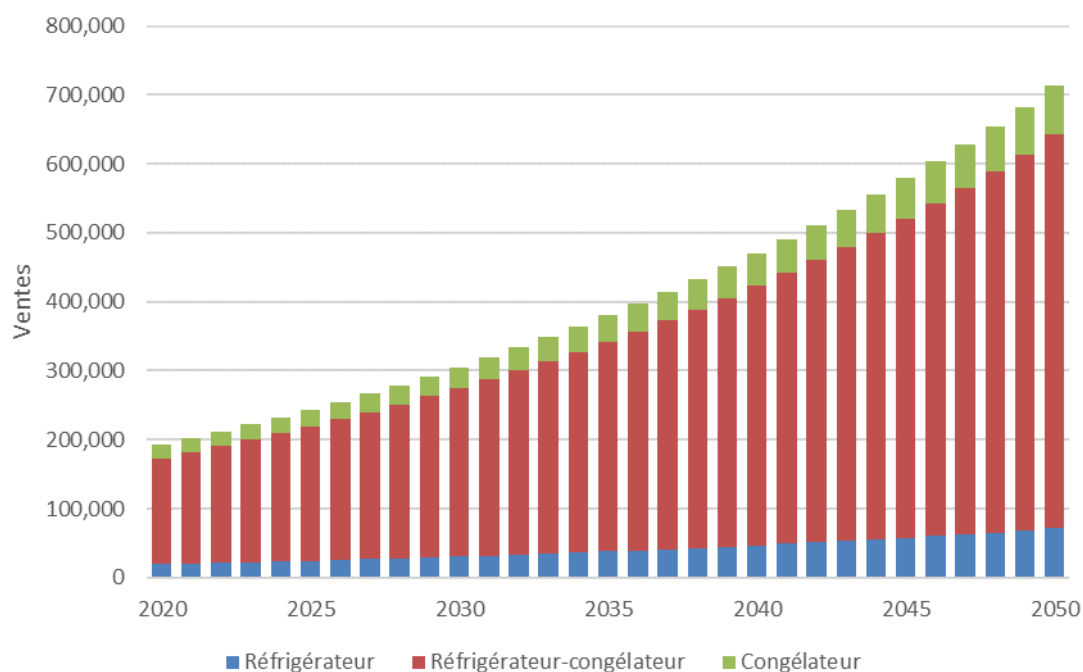


Figure 31 : Ventes de réfrigérateurs domestiques entre 2020 et 2050 telles que résultant du développement supposé (Source : Analyse HEAT).

5.2.2 Demande d'énergie

La possession accrue et l'efficacité énergétique observée des réfrigérateurs dans le scénario BAU entraînent une augmentation considérable de la demande d'électricité pour la réfrigération domestique au Burkina Faso. Dans le scénario BAU, la demande d'électricité passe de 762 GWh en 2022 à environ 2 646 GWh (2,6 TWh) en 2050, comme le montre la Figure 32.

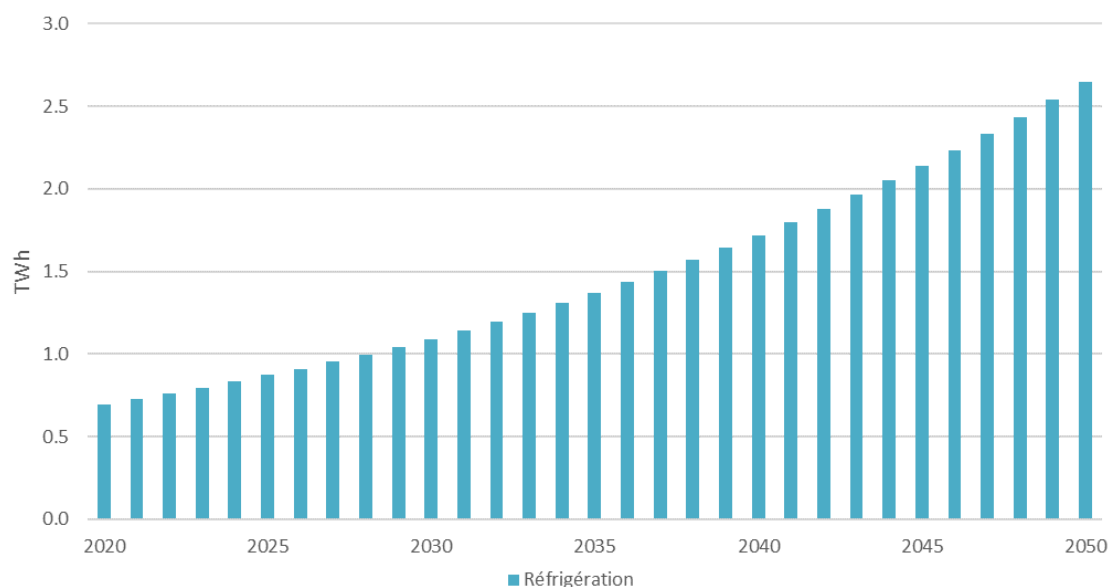


Figure 32 : Consommation d'électricité des réfrigérateurs domestiques au Burkina Faso entre 2020 et 2050 (Source : Analyse HEAT)

5.2.3 Émissions directes et leur potentiel de mitigation

Comme les émissions dues aux réfrigérants sont généralement faibles pour les réfrigérateurs et que le passage au réfrigérant naturel (R600a et R290) à faible PRG est en bonne voie, les émissions de GES des réfrigérateurs sont en grande partie dues à leur consommation électrique. En supposant un facteur d'émission du réseau constant, les émissions indirectes de GES passent de 0,43 MtCO₂ eq en 2022 à 1,49 MtCO₂ eq en 2050 (Figure 33).

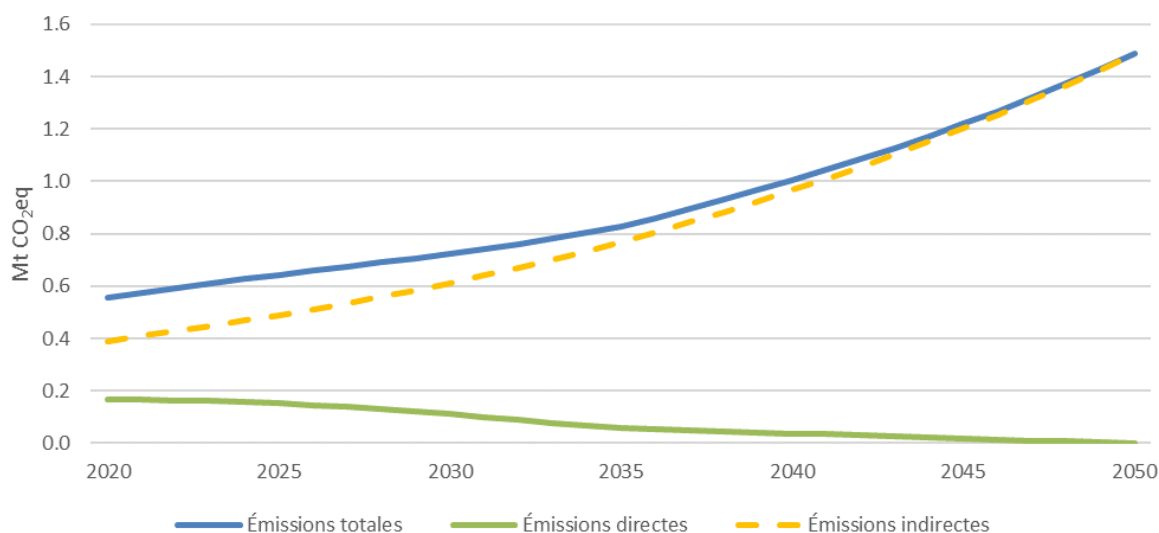


Figure 33 : Émissions projetées des réfrigérateurs dans le scénario BAU (Source : Analyse HEAT).

La Figure 34 illustre les réductions potentielles de GES résultant d'une application stricte de la réglementation sur l'efficacité énergétique et de l'adoption immédiate de réfrigérants naturels à PRG proche de zéro. Ainsi, l'augmentation de la demande d'énergie est réduite d'environ 22%. Grâce à ces mesures, la réduction cumulée sur la période 2022-2050 atteindra 5,5 Mt CO₂ eq.

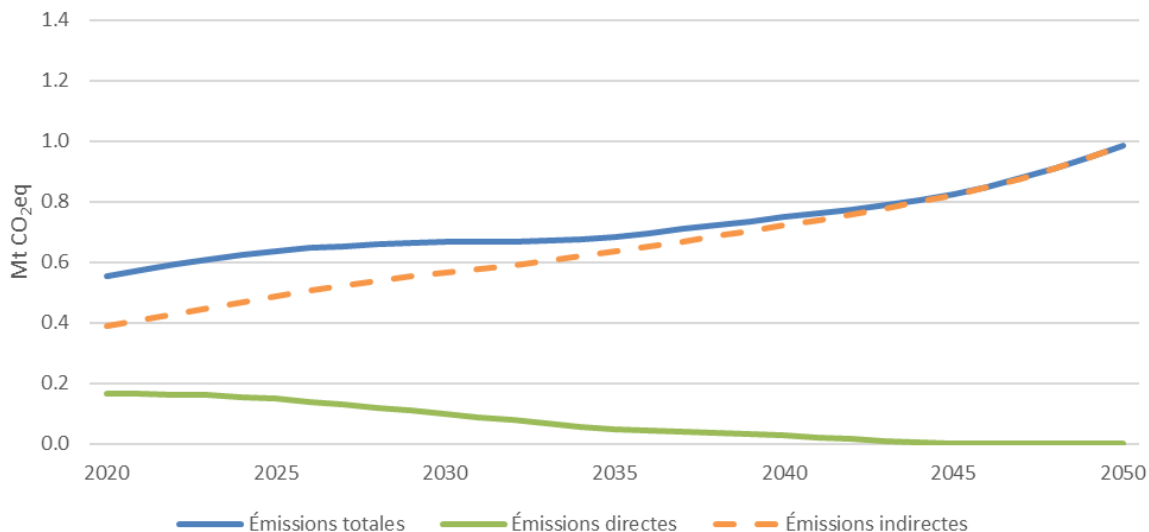


Figure 34 : Réductions potentielles des émissions des réfrigérateurs dans le scénario MIT (Source : Analyse HEAT).

5.2.4 Conclusion - Réfrigération domestique

Le fonctionnement des réfrigérateurs constitue une charge de base pour tout réseau électrique. Avec l'augmentation de l'électrification, plus de réfrigérateurs seront en service au Burkina Faso. Pour maintenir la pression sur le réseau électrique à un niveau bas, il est fortement recommandé d'opter pour des réfrigérateurs à haute efficacité énergétique. En outre, une transition vers des réfrigérants naturels dans le secteur est nécessaire pour réduire les émissions directes à zéro avant 2050.

La mise en œuvre proposée des SMPE devrait entraîner une réduction significative de la consommation d'électricité et l'absence d'émissions directes (due aux réfrigérants) d'ici à 2045. Cela aura un impact significatif sur les émissions totales. Les changements sont illustrés dans la Figure 35 et Figure 36. La consommation d'énergie est indiquée dans la Figure 35 et les émissions du réseau dans la Figure 36. Bien que le scénario SMPE ne prévoit aucun renforcement supplémentaire après 2030, la réduction de la consommation d'énergie reste très prononcée en 2050. En 2035, il y a une réduction potentielle de 240 GWh (0,14 MtCO₂ eq) et en 2050, la réduction est de 896 GWh (0,5 MtCO₂ eq).

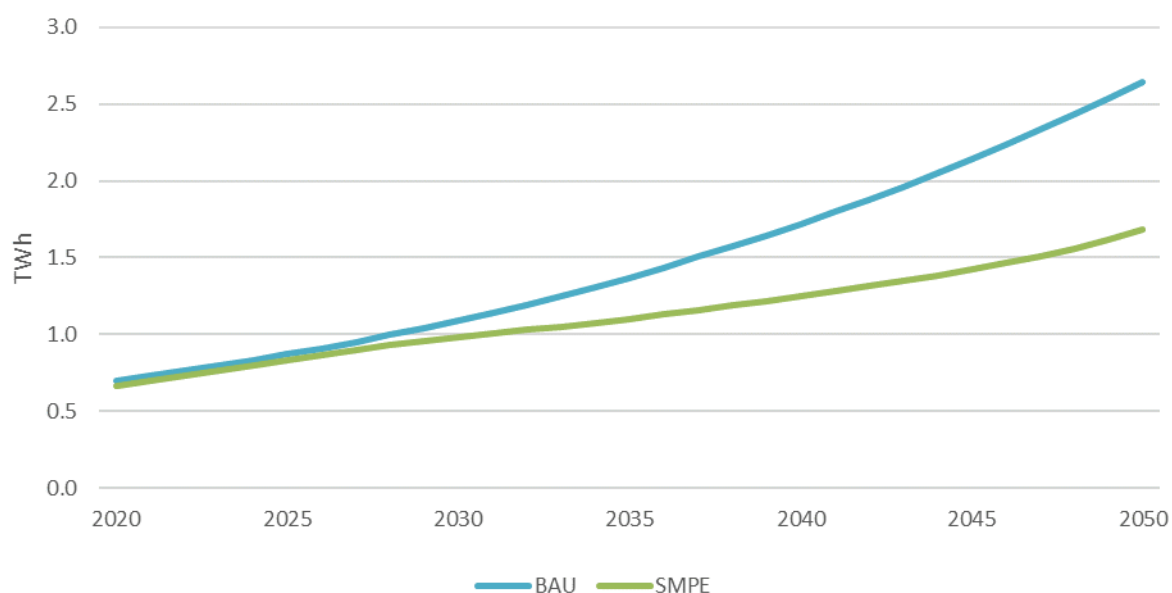


Figure 35 : Consommation d'énergie des réfrigérateurs domestiques dans le scénario BAU et le scénario avec la mise en vigueur des SMPE. (Source : Analyse HEAT).

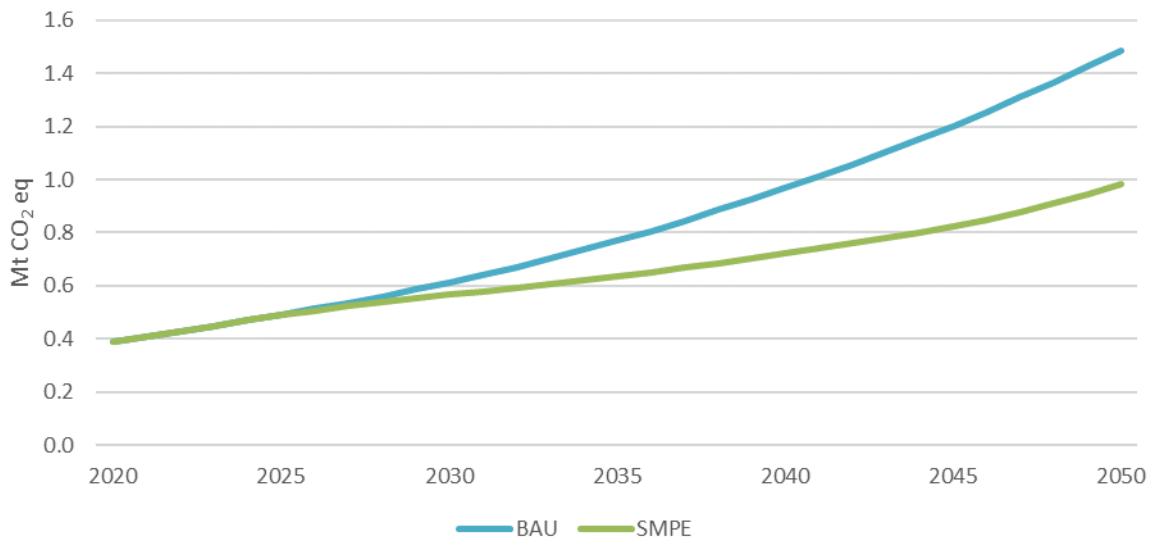


Figure 36 : Émissions indirectes provenant de l'utilisation de l'électricité des réfrigérateurs dans le scénario BAU et le scénario avec la mise en vigueur des SMPE (Source : analyse HEAT).

5.3 Scénarios d'émissions pour le sous-secteur des climatiseurs unitaires

Le développement du marché de la climatisation résidentielle au Burkina Faso devrait s'accélérer à l'avenir, à mesure que le pays se développe économiquement, augmentant le pouvoir d'achat des ménages et soutenant le développement du réseau électrique qui ne dessert actuellement qu'environ 75% des ménages.

5.3.1 Projections des ventes et des stocks

Ventes d'unités de CA

Comme mentionné ci-dessus, aucune donnée d'importation ou autre donnée sur les ventes de climatiseurs n'est disponible pour le Burkina Faso.

Pour projeter les ventes jusqu'en 2050, on prend comme orientation l'évolution du stock et on calcule le nombre de ventes nécessaires pour permettre l'évolution supposée. Les hypothèses relatives à cette augmentation du stock sont détaillées dans la rubrique «Stock».

Stock d'unités de CA

Les projections du marché des CA unitaires au Burkina Faso sont basées sur des hypothèses de développement du pays. Comme mentionné plus haut, les hypothèses clés pour le développement des projections du marché sont centrées sur la croissance démographique¹⁸, la réalisation des objectifs du gouvernement en matière d'électrification¹⁹, le développement de l'économie et la lutte contre la pauvreté.

Les projections démographiques et économiques sont conformes aux statistiques de croissance du passé et aux schémas antérieurs. D'autre part, on suppose que l'objectif du gouvernement d'atteindre une électrification de 80% d'ici 2035²⁰ sera atteint.

Le parc de climatiseurs résultant est supposé augmenter à 308 000 unités d'ici 2030, soit environ 7% de tous les ménages Burkinabès. En 2050, il est prévu que 20% de tous les ménages utilisent des climatiseurs, soit 1,15 millions.

Les ventes et le stock totaux de climatiseurs split sont attribués à des types d'appareils définis sur la base de la capacité, reflétant les catégories de capacité des normes SMPE proposées et le type de compresseur. Ce dernier est nécessaire pour tenir compte de la différence dans la méthode de calcul de la consommation d'énergie pour les climatiseurs split à vitesse fixe et à onduleur.

18 <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=BF>

19 <https://www.iea.org/countries/burkina-faso>

20 <https://www.iea.org/countries/burkina-faso>

Pour la période 2020-2050, les stocks devraient continuer à augmenter au taux de croissance annuel moyen élevé de 7%, car la poursuite de l'électrification et le caractère abordable des CA entraînent une augmentation des niveaux de propriété des CA de 10% en 2022 à 20 % en 2050. En termes absolus, il s'agit d'une croissance de plus de 962 000 d'unités (Figure 37).

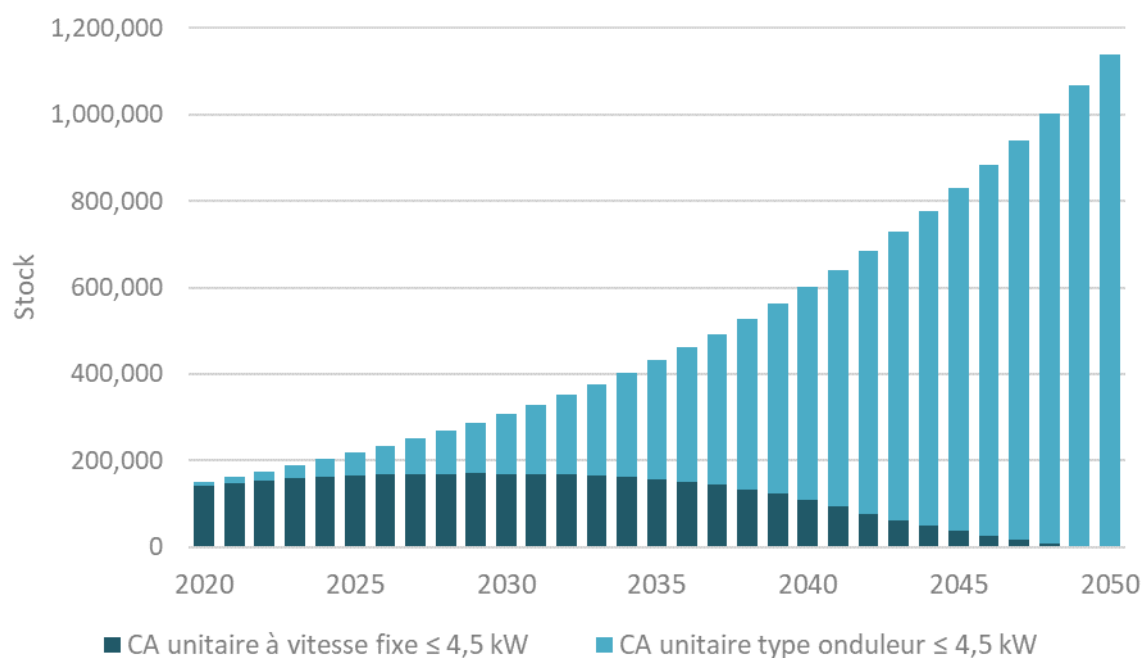


Figure 37 : Développement du parc des CA unitaires entre 2020 et 2050 (Source : Analyse HEAT).

Les ventes augmentent également rapidement avec un TCAC de 7% par an pour la période 2020-2050, passant d'environ 25 400 unités vendues en 2020 à 158 000 unités par an en 2050 (Figure 38)

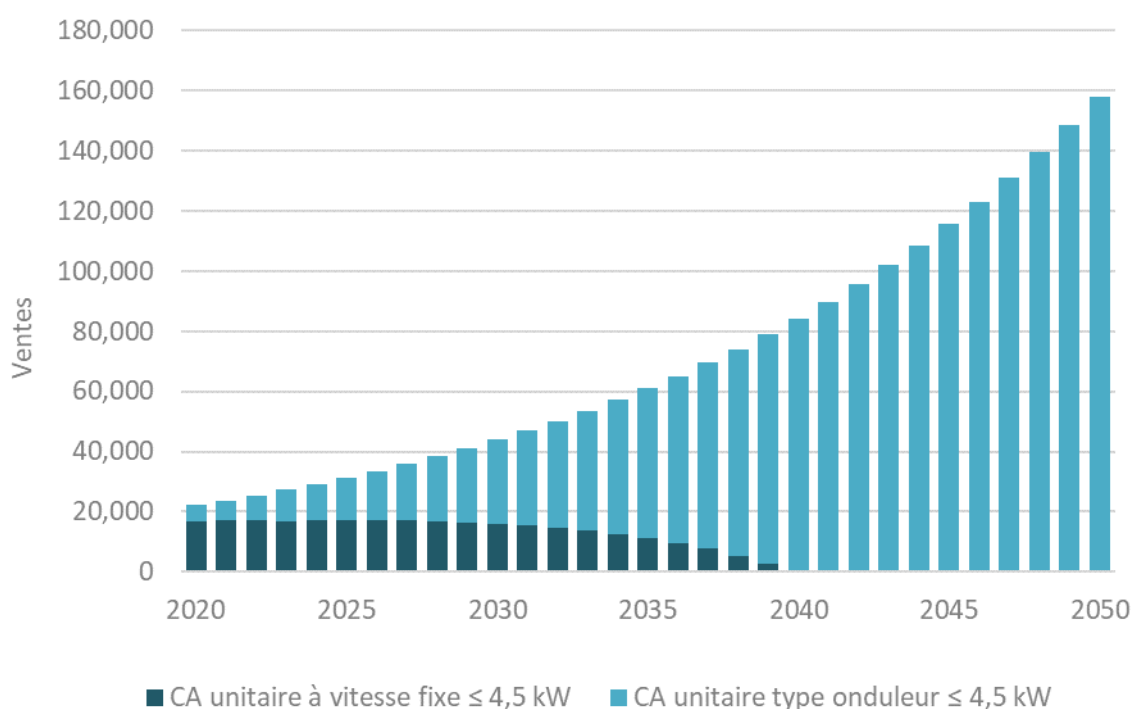


Figure 38 : Évolution des ventes des CA unitaires entre 2020 et 2050 (Source : Analyse HEAT).

5.3.2 Demande d'énergie

La combinaison de l'augmentation de la propriété et du climat très chaud du Burkina Faso entraîne une forte augmentation de la consommation électrique qui, à son tour, augmentera la nécessité d'améliorer le réseau électrique, non seulement pour étendre sa portée à plus de population, mais aussi pour fonctionner à des capacités beaucoup plus élevées nécessaires pour répondre à l'augmentation de la demande de refroidissement et d'autres utilisations. Dans le scénario BAU, la demande d'électricité passe de 0,39 TWh en 2022 à environ 2,07 TWh en 2050 (Figure 39).

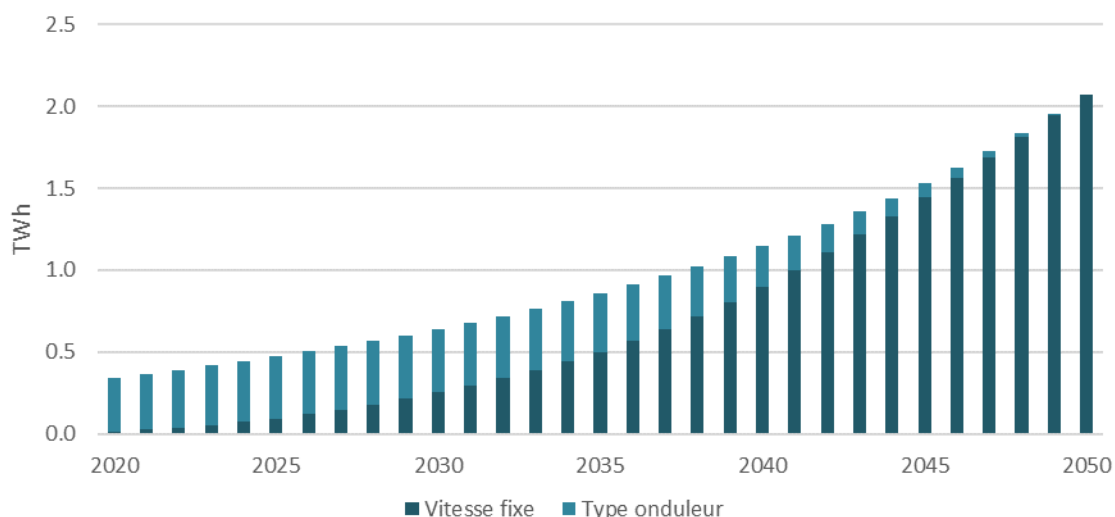


Figure 39 : Consommation d'électricité des unités de climatisation unitaire au Burkina Faso 2020-2050 dans le scénario BAU (Source : Analyse HEAT).

L'augmentation de la demande d'énergie est plus importante que la production totale d'énergie dans le pays en 2022 et le soutien au développement du réseau sera essentiel pour garantir que ce marché se développe fortement et apporte des avantages sociaux et économiques au pays.

5.3.3 Émissions directes et leur potentiel de mitigation

Le scénario BAU suppose le maintien des tarifs internationaux par défaut des réfrigérants pour les climatiseurs unitaires et une transition lente du marché vers des réfrigérants à faible PRG, en l'occurrence le R-32 et le R-290, dont les PRG sont respectivement de 771 et 0,6. Les hypothèses faites concernant les émissions du réseau électrique font qu'elles restent au niveau actuel de 562 grammes de CO₂ eq par kWh tout au long de la période 2022-2050.

Sur la base de ces hypothèses, les émissions totales liées à la demande résidentielle et à l'utilisation des climatiseurs augmentent à un TCAC de 6,2% par an pour atteindre un total de 1,7 MtCO₂ eq, soit une multiplication par de 6 des 0,29 MtCO₂ eq en 2022 (Figure 40).

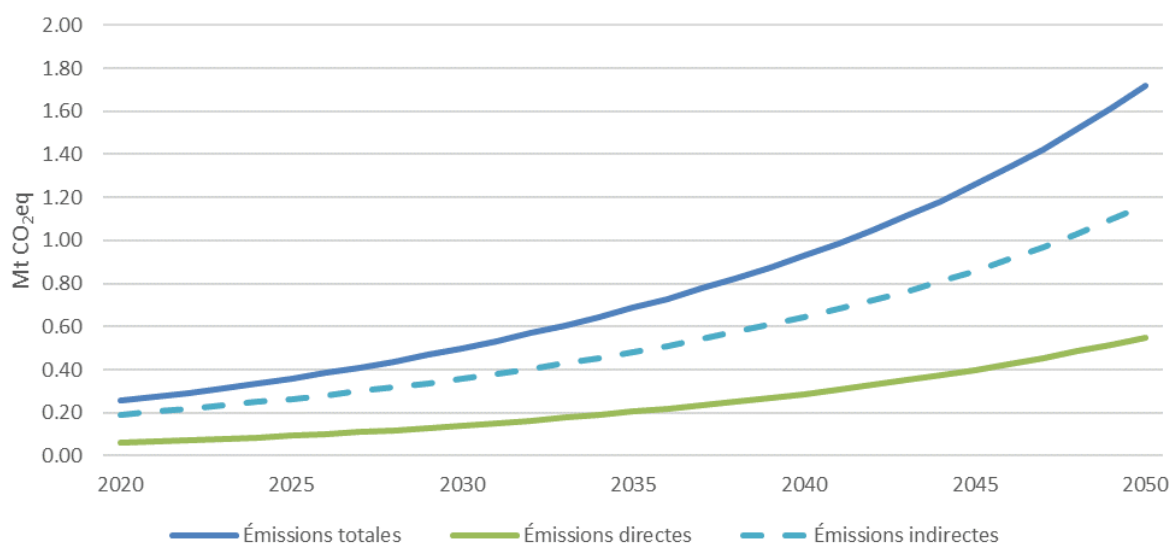


Figure 40 : Les émissions de GES des unités CA au Burkina Faso dans la période 2020-2050 en MtCO₂ eq (Source : Analyse HEAT).

Cette augmentation est due à une forte hausse des émissions directes dues aux fuites de réfrigérant et des émissions indirectes dues à l'énergie consommée par les climatiseurs. Les émissions provenant de ces sources augmentent à un TCAC de 7,5% et 6,2% respectivement, ce qui indique une relation étroite avec le nombre croissant d'unités sur le marché. Notez que l'évolution des émissions est calculée en fonction de la croissance des stocks et des émissions constantes par CA.

Pour faire face à cette augmentation spectaculaire des émissions, il est essentiel d'accélérer le processus de migration vers des réfrigérants à faible PRG, le plus faible étant le meilleur. Une pénétration plus importante et plus rapide des réfrigérants naturels à PRG proche de zéro, comme le R-290, entraînerait une diminution significative des émissions

directes. En même temps, le Burkina Faso a besoin d'une politique forte mise en vigueur des SMPE pour gérer l'impact de l'utilisation accrue des unités CA sur le réseau électrique.

La Figure 41 illustre les réductions potentielles de GES résultant de l'adoption immédiate de réfrigérants à PRG quasi nul et d'une forte application de l'efficacité énergétique. Avec cette adoption, les émissions directes sont réduites à un niveau très bas et les émissions indirectes deviennent une composante beaucoup plus dominante. De même, les émissions indirectes diminuent de 42% et l'adoption d'énergies renouvelables permet d'envisager des réductions supplémentaires.

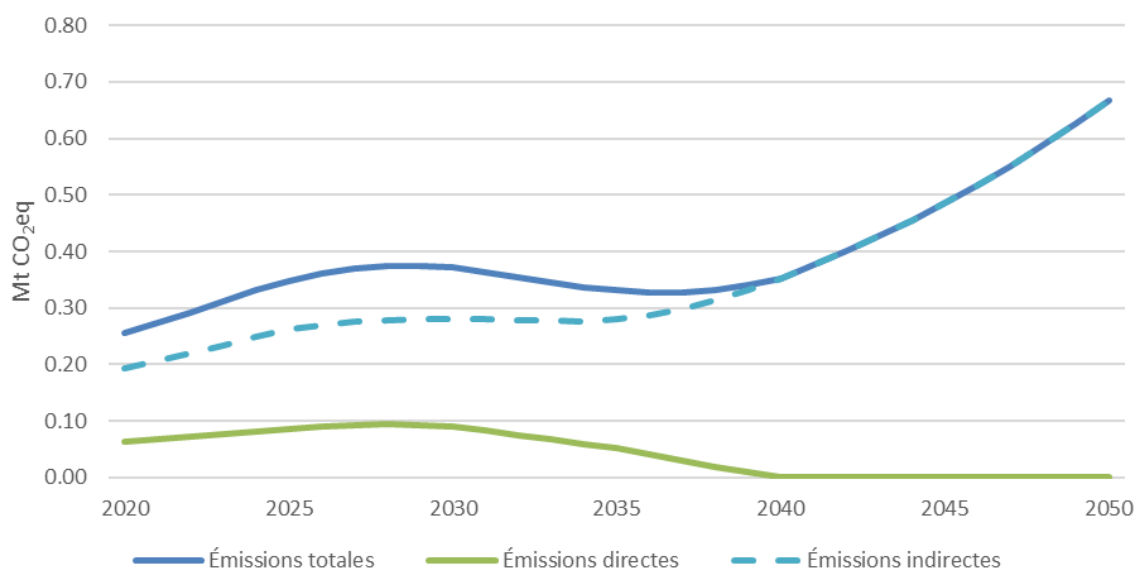


Figure 41 : Émissions potentielles dans un scénario de mitigation pour les climatiseurs unitaires au Burkina Faso (Source : Analyse HEAT).

5.3.4 Conclusion - Climatization domestique

Compte tenu du climat prévalant au Burkina Faso et du réchauffement climatique prévu dans les années à venir, les climatiseurs sont moins considérés comme un luxe et de plus en plus comme une nécessité. Cela se traduit par des ventes importantes et une augmentation des stocks au cours de la période 2020-2050, pour aboutir à un stock d'environ 1,2 millions d'unités en fonctionnement qui nécessitent plus d'énergie que l'approvisionnement en électricité existant actuellement au Burkina Faso. Les émissions de gaz à effet de serre augmenteront à un rythme équivalent.

Ces augmentations très importantes doivent être atténuées pour permettre au pays de soutenir cette croissance et de réduire l'impact sur l'environnement et l'économie.

La mise en œuvre proposée de SMPE devrait entraîner une réduction considérable de la consommation d'électricité et donc des émissions. Les évolutions sont illustrées dans la Figure 42 et la Figure 43. Bien qu'aucun autre renforcement des SMPE ne soit prévu après 2028 dans le scénario SMPE, la réduction est encore très prononcée en 2050. En 2030, 138 GWh (78 ktCO₂ eq) sont réduits et en 2050, la réduction s'élève à 890 GWh (499 ktCO₂ eq).

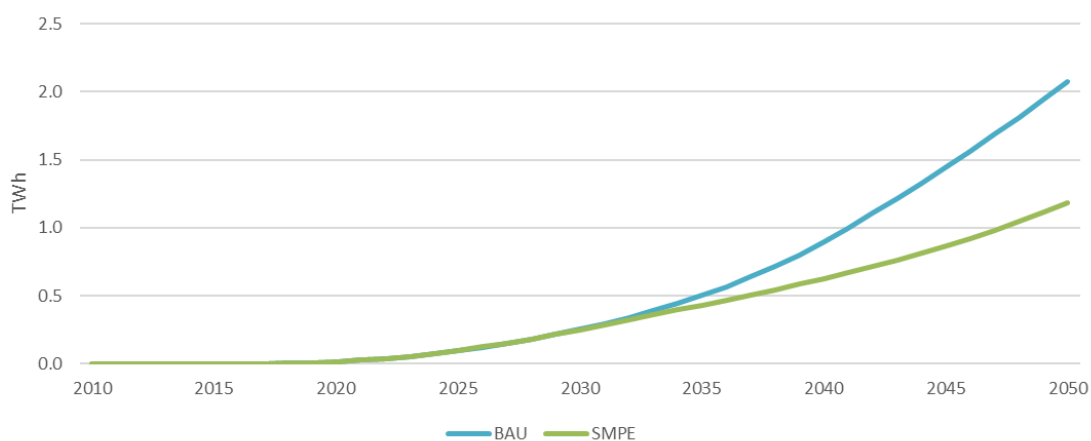


Figure 42 : Consommation d'énergie prévue pour les climatiseurs split dans le scénario BAU et le scénario SMPE. (Source : Analyse HEAT).

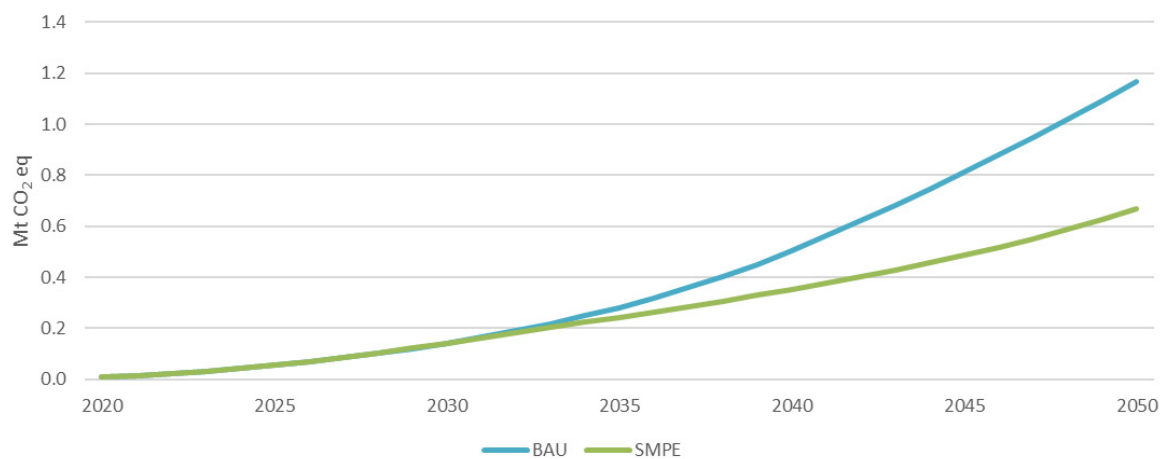
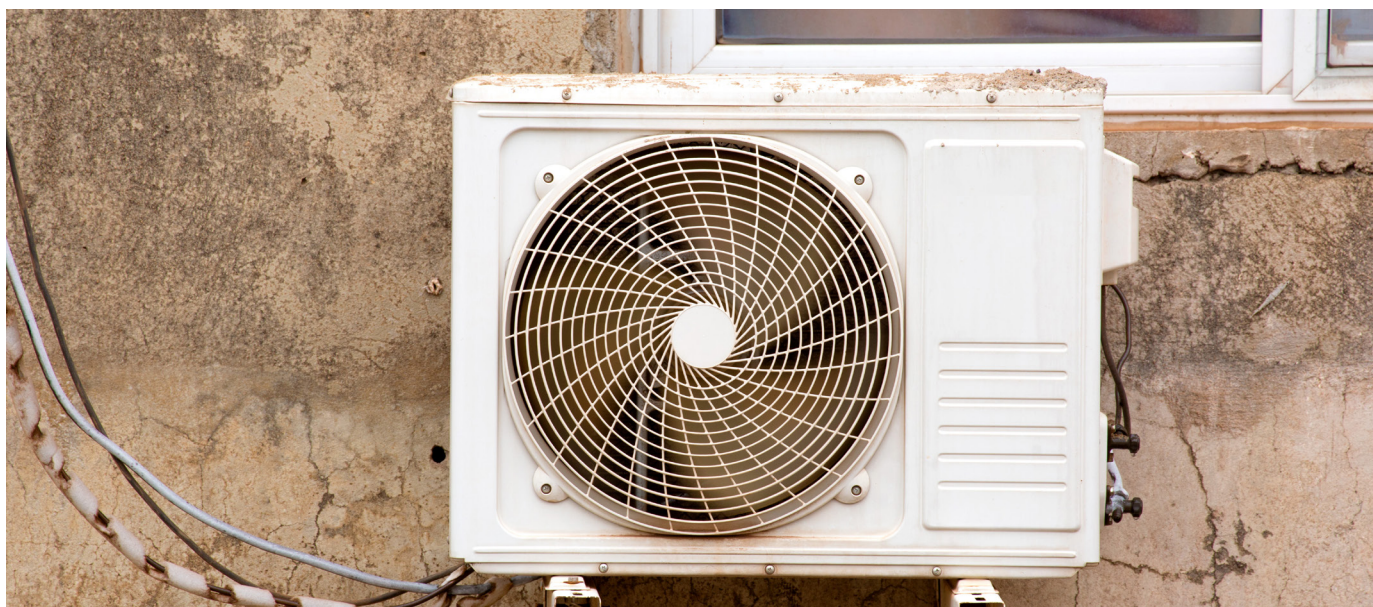


Figure 43 : Projection des émissions dues à l'utilisation de l'électricité des climatiseurs dans le scénario BAU et le scénario SMPE (Source : analyse HEAT).



6 APERÇU ET PROJECTION DES ÉMISSIONS DIRECTES DES CLIMATISATION DES VEHICULES AU BURKINA FASO

Comme indiqué ci-dessus, le secteur des climatiseurs mobiles n'a que des émissions directes car il n'est pas connecté au réseau. Par conséquent, ce chapitre ne traite que du nombre d'unités dans le pays, des ventes et des émissions directes dans les scénarios BAU et MIT.

L'évolution du stock de véhicules disposant d'une climatisation en état de marche au Burkina Faso est supposée linéaire. Le nombre total de véhicules pour la période 2020-2050 est présenté dans la Figure 44. En 2022, le nombre de véhicules dans le pays était estimé à 269 000, ce nombre triple jusqu'en 2050 pour un total de 823 000 véhicules climatisés au Burkina Faso. Cette augmentation est obtenue avec un TCAC (Taux de Croissance Annuel Composé) de 4%.

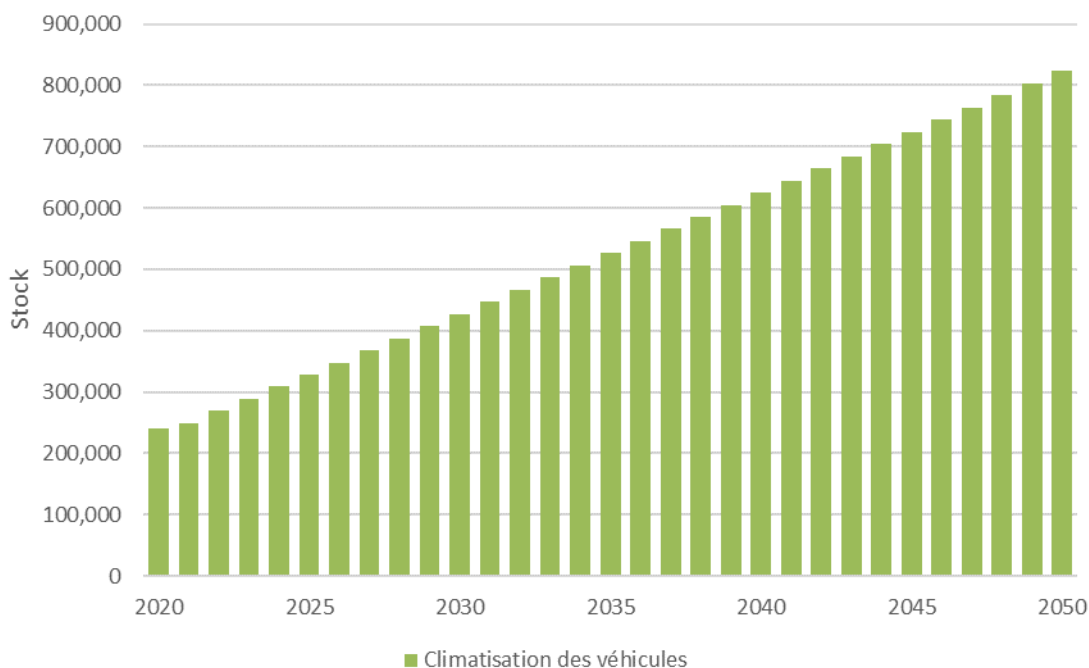


Figure 44 : Développement du parc des climatisations des véhicules entre 2020 et 2050 (Source : Analyse HEAT).

La croissance des stocks est obtenue par une évolution linéaire des ventes pour la période 2022-2050. Ceci est illustrée dans la Figure 45. Avec un TCAC de 2%, les ventes annuelles de véhicules passent de 37 700 en 2022 à 75 000 en 2050.

Les émissions directes dues aux fuites de réfrigérant des véhicules au Burkina Faso pour la période 2022 à 2050 sont présentées dans la Figure 46. Selon l'estimation de ce graphique, si des mesures immédiates sont prises pour entamer une transition du secteur des HFC vers les réfrigérants à bas PRG conformément à l'amendement de Kigali, les effets pourraient être visibles dès 2025. Dans le scénario BAU, les émissions augmentent pour atteindre près de 0,70 MtCO₂ eq en 2050, tandis que dans le scénario MIT, elles tombent à près de zéro la même année.

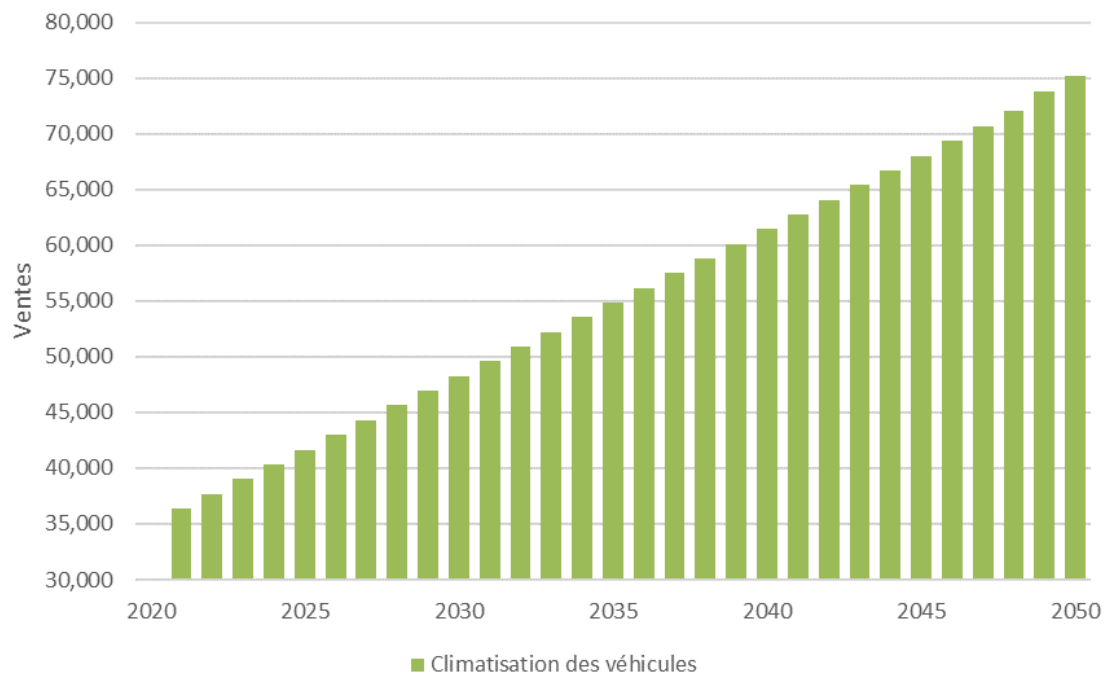


Figure 45 : Développement de la vente des climatisations des véhicules entre 2020 et 2050. (Source : Analyse HEAT).

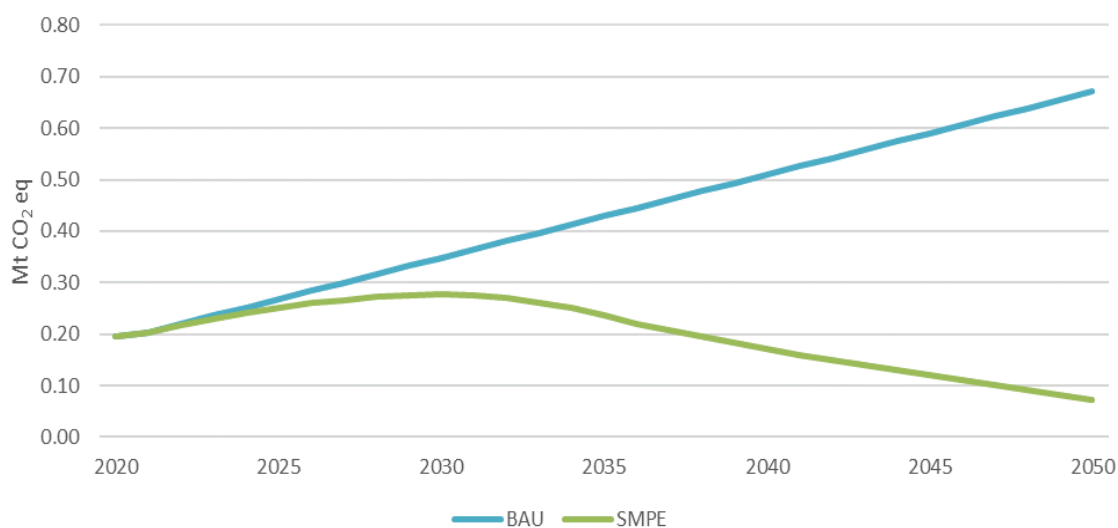


Figure 46 : Émissions directes des climatiseurs de véhicules, provenant des fuites de réfrigérant, dans le scénario BAU et dans le scénario MIT. (Source : Analyse HEAT)

7 APERÇU ET PROJECTION DE LA DEMANDE D'ÉLECTRICITÉ ET DES ÉMISSIONS PROVENANT DE LA CLIMATISATION ET DE LA RÉFRIGÉRATION COMMERCIALES ET INDUSTRIELLES AU BURKINA FASO

7.1 Projections des ventes et des stocks

Contrairement aux appareils domestiques, tels que les climatiseurs split et les réfrigérateurs, qui peuvent être estimés en supposant les futurs taux de propriété des ménages, le développement du stock des applications industrielles peut être estimé en utilisant la croissance projetée du PIB.

Le stock d'équipement pour l'année 2022 est projeté à partir de l'enquête du terrain, qui indique qu'il couvre 21% de la base d'équipement installé, donc les données du stock sont extrapolées pour représenter le stock national. A partir de l'année 2022, le stock est projeté dans les deux sens en utilisant les taux de croissance suivants. Les taux de croissance historiques représentent des moyennes de valeurs annuelles telles que rapportées par la Banque mondiale. Les hypothèses sont fournies dans le Tableau 29.

D'autre part, les climatiseurs commerciaux sont estimés en utilisant les mêmes hypothèses que pour les climatiseurs domestiques. Les données ont été collectées pour l'ensemble des climatiseurs et, dans cette étude, elles ont été classées en climatiseurs commerciaux et domestiques sur la base de la capacité de refroidissement (CC) des unités. Les unités ayant une CC $\leq 4,5$ kW sont supposées être domestiques et les unités ayant une CC $> 4,5$ kW sont supposées être commerciales. Les projections de croissance du stock pour le secteur de la climatisation dépendent de la population et de l'augmentation du niveau de vie. On suppose que l'augmentation de la richesse et du niveau de vie au Burkina Faso stimule la demande de climatiseurs à des fins domestiques et commerciales.

Tableau 29 : Facteur de croissance du PIB utilisé pour la projection des stocks dans le secteur RAC industriel. Valeurs historiques prises de la Banque mondiale^{21,22}.

Année	PIB : croissance annuelle
2000-2020	2%
2021-2030	6%
2031-2040	4%
2041-2050	3%

Le parc total d'équipements commerciaux de climatisation est estimé à 192 471 installations en 2022, ce qui représente 75% de l'ensemble des équipements commerciaux et industriels en 2022 (Figure 47). Les 24% restants se composent principalement de vitrines (21%) et les chambres froides (2,7%). Les 0,3% restants sont des refroidisseurs, des chambres froides et des machines à glace. Le stock total atteint 1,48 million en 2050, soit près de six fois le nombre d'installations sur une période de 28 ans avec un TCAC de 7%. Les chiffres de vente sont dérivés de la croissance du stock, en supposant que les anciens équipements sont remplacés au bout de 10 à 30 ans selon le type (Figure 48). Les ventes en 2022 sont estimées à 36 859 installations et devraient passer à 193 110 en 2050 (TCAC de 6%).



²¹ <https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=BF>
²² <https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=BF>

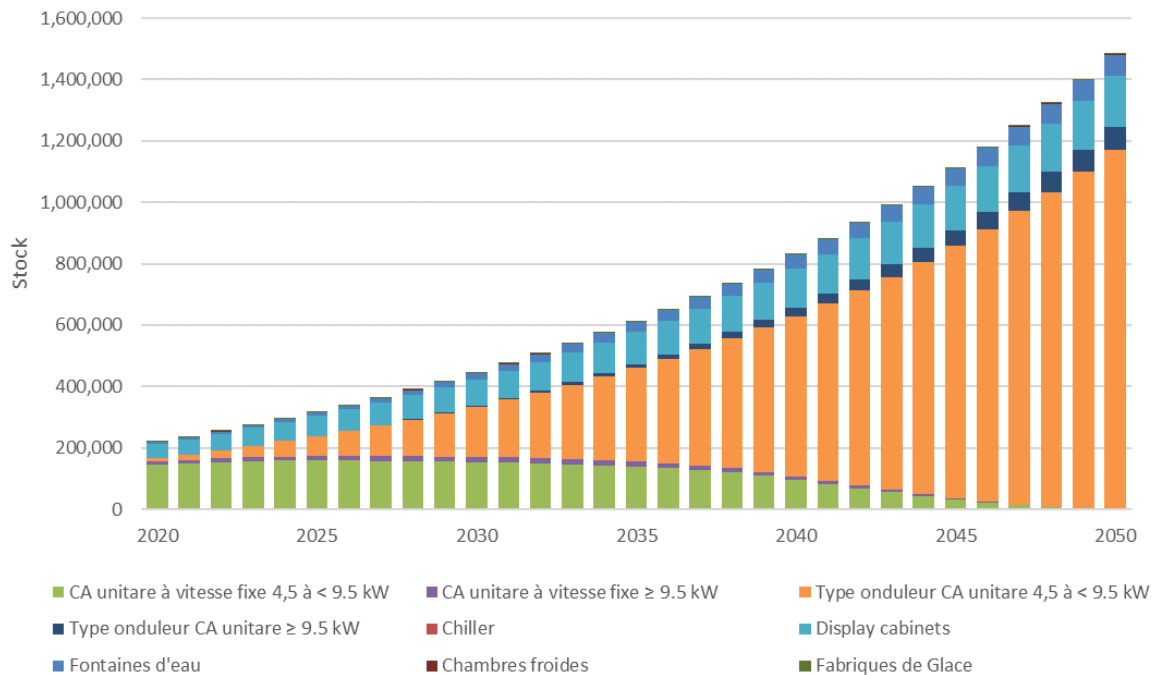


Figure 47 : Développement du parc RAC commerciales et industrielles entre 2020 et 2050 (Source : Analyse HEAT).

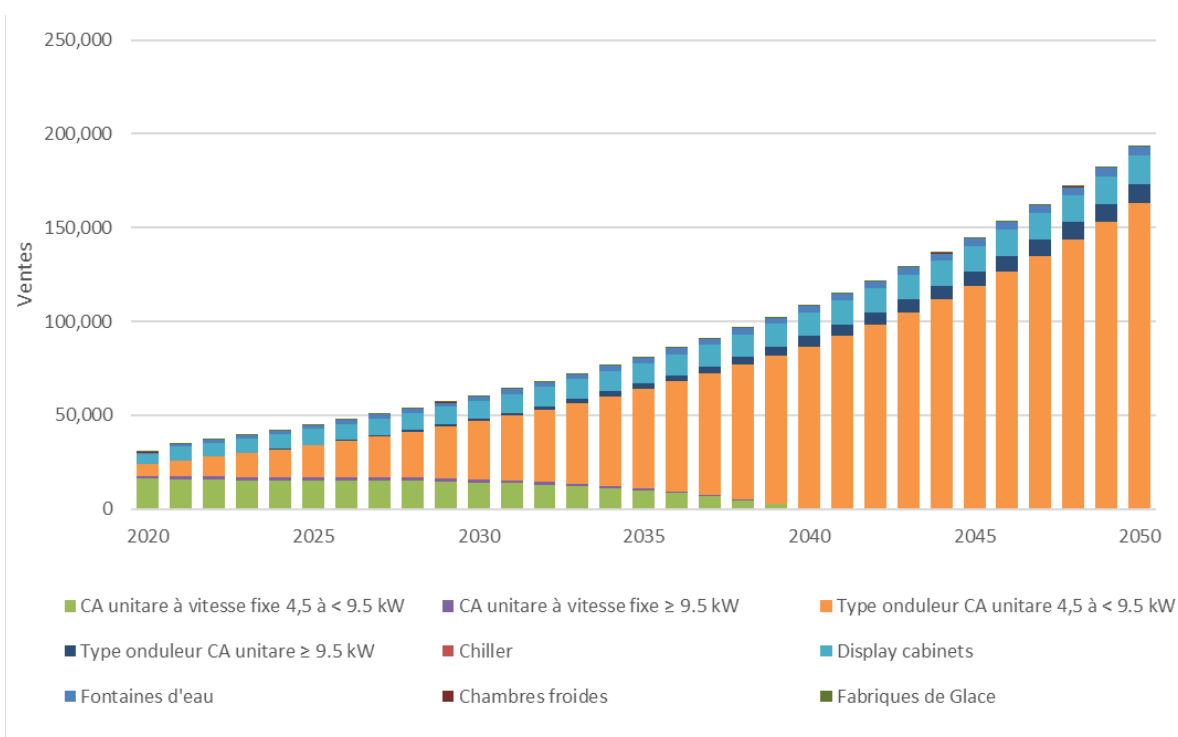


Figure 48 : Évolution des ventes des installations commerciales et industrielles entre 2020 et 2050 (Source : Analyse HEAT).

7.2 Demande d'énergie

La demande d'énergie des sous-secteurs de la réfrigération commerciale et industrielle et de la climatisation commerciale est illustrée dans la Figure 49 ci-dessous. La climatisation commerciale est le sous-secteur qui consomme le plus d'énergie, en 2022, il représentait 83% du total. En outre, dans le sous-secteur de la réfrigération industrielle, ce sont les vitrines qui ont la part la plus importante. La consommation d'énergie dans le scénario BAU passe d'environ 1 TWh en 2022 à plus de 5 TWh en 2050. Dans le scénario d'atténuation présenté dans la Figure 50 la consommation totale d'énergie des deux sous-secteurs n'atteint qu'environ 3,2 TWh en 2050.

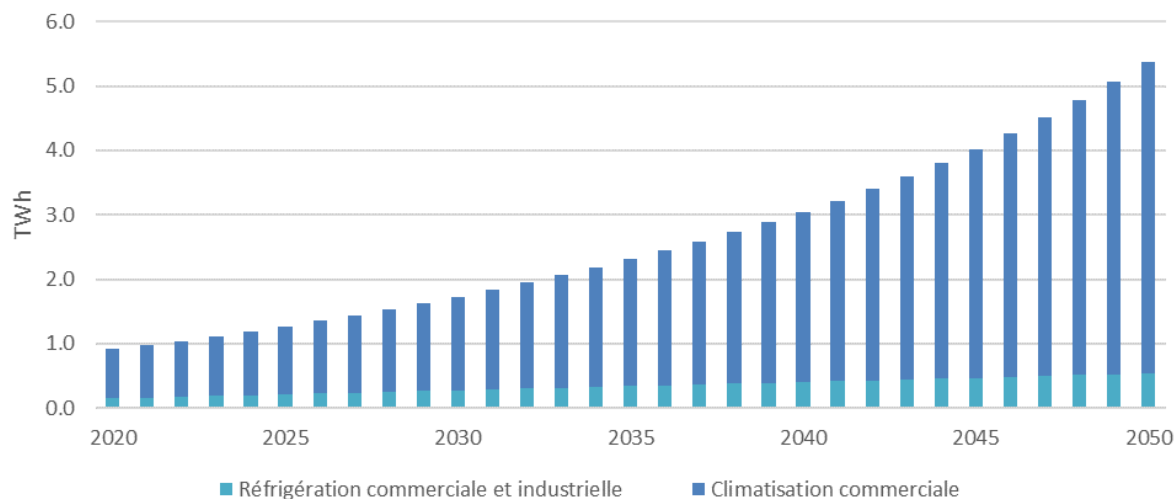


Figure 49 : Consommation d'énergie pour les sous-secteurs de la réfrigération commerciale et industrielle et de la climatisation commerciale dans le scénario BAU (Source : Analyse HEAT).

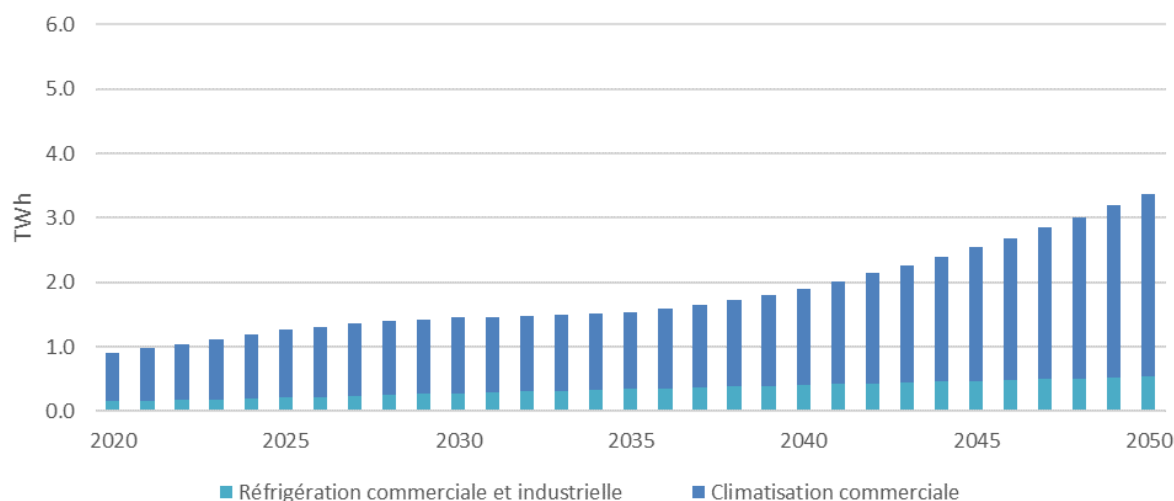


Figure 50 : Consommation d'énergie pour les sous-secteurs de la réfrigération commerciale et industrielle et de la climatisation commerciale dans le scénario MIT (Source : Analyse HEAT).

Cette réduction est obtenue en remplaçant les climatiseurs à vitesse fixe par des climatiseurs à vitesse variable, qui permettent d'économiser de l'énergie en fonction de la température ambiante. En revanche, le secteur de la réfrigération commerciale et industrielle a la même consommation d'énergie dans les deux scénarios. Pour ce secteur, la consommation d'énergie des équipements a été maintenue constante. C'est ce que montre également le Tableau 30. Les chiffres des deux scénarios sont présentés ici, ainsi que les économies totales en termes de consommation d'énergie et d'émissions pour chaque secteur.

Tableau 30 : Demande d'énergie et émissions résultantes pour les scénarios BAU et MIT pour la réfrigération commerciale et industrielle et la climatisation commerciale au Burkina Faso et les économies associées.

Scénario du statu quo								
	Demande d'électricité (GWh)				Émissions provenant de la consommation d'électricité (ktCO ₂ eq)			
Année	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050
Climatisation commerciale	758	1454	2646	4838	457	817	1487	2719
Réfrigération commerciales et industrielles	155	276	406	535	97	155	228	301
Total	913	1730	3051	5373	554	972	1715	3020
Scénario de mitigation (MIT)								
	Demande d'électricité (GWh)				Émissions provenant de la consommation d'électricité (ktCO ₂ eq)			
Année	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050
Climatisation commerciale	758	1175	1499	2842	457	660	843	1597
Réfrigération commerciales et industrielles	155	276	406	535	97	155	228	301
Total	913	1451	1905	3377	554	815	1070	1898
Économie								
	Demande d'électricité (GWh)				Émissions provenant de la consommation d'électricité (ktCO ₂ eq)			
Année	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050
Climatisation commerciale	0	279	1147	1996	0	157	644	1122
Réfrigération commerciales et industrielles	0	0	0	0	0	0	0	0
Total	0	279	1147	1996	0	157	644	1122
Économies cumulées								
	Demande d'électricité (GWh)				Émissions provenant de la consommation d'électricité (ktCO ₂ eq)			
Année	Jusqu'au	2030	2040	2050	Jusqu'au	2030	2040	2050
Climatisation commerciale		773	8637	24207		434	4854	13604
Réfrigération commerciales et industrielles		0	0	0		0	0	0
Total		773	8637	24207		434	4854	13604

La transition dans le secteur de la climatisation commerciale pourrait permettre d'économiser jusqu'à 279 GWh (157 ktCO₂ eq) en 2030 et une économie cumulée totale de 24207 GWh d'ici 2050. Dans la Figure 51 la réduction des émissions est présentée sous forme de graphique. Selon le scénario SMPE (MIT), les émissions annuelles pourraient être réduites de plus de 1 000 ktCO₂ eq par an d'ici 2050.

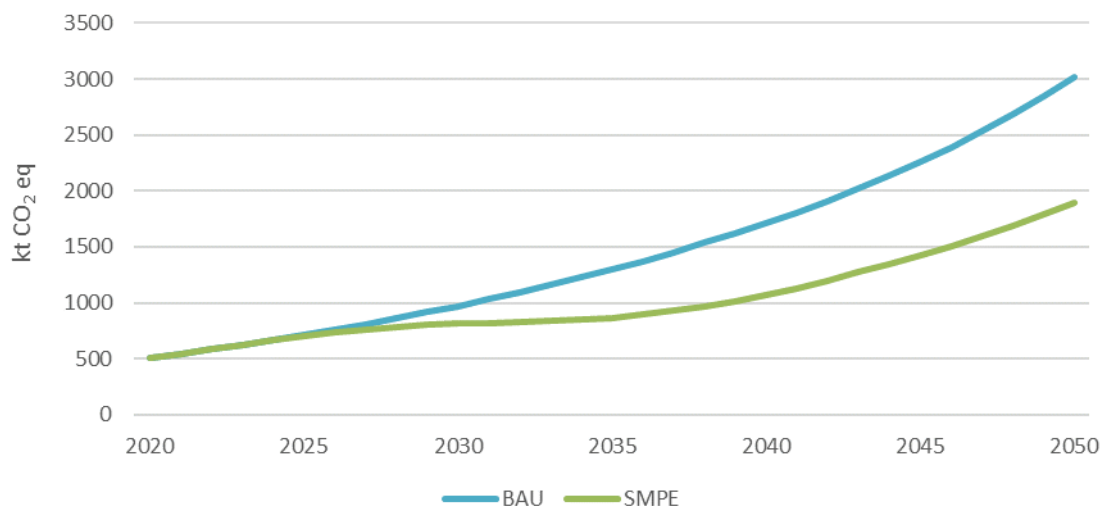


Figure 51 : Projection des émissions dues à l'utilisation de l'électricité dans la réfrigération commerciale et industrielle et dans la climatisation commerciale dans le scénario BAU et le scénario SMPE (MIT) (Source : Analyse HEAT).

D'autre part, les émissions directes sont causées par la libération de réfrigérants des équipements RAC lors de la maintenance et de la mise au rebut des unités usagées. Pour ces deux secteurs, les émissions directes et totales sont présentées dans le Tableau 31. Les émissions totales montrent que le secteur de la climatisation commerciale a un potentiel de réduction des émissions totales beaucoup plus élevé que le secteur de la réfrigération industrielle et commerciale.

Les émissions directes sont évitées en remplaçant les HFC et les HCFC par des réfrigérants naturels dont le PRG est inférieur ou égal à 1. Dans le scénario SMPE, on a supposé que la plupart des unités passeraient au R-290 ou au R-744 (CO₂) en 2030-2035. Au niveau national, des réfrigérants tels que le R-410A, le R-404A et le R-134a sont encore présents dans le pays dans le scénario BAU jusqu'en 2050. La réduction des émissions directes des deux secteurs est de 165 ktCO₂ eq d'ici 2030 et de 1534 ktCO₂ eq d'ici 2050.

Dans la Figure 52 les émissions directes dans le scénario SMPE tombent presque à zéro en 2040, tandis que dans le scénario BAU, elles atteignent 1,6 MtCO₂ eq en 2050.

Tableau 31 : Émissions directes pour les scénarios BAU et SMPE pour la réfrigération commerciale et industrielle et pour la climatisation commerciale au Burkina Faso et les économies associées.

Scénario du statu quo								
Année	Émissions directes (ktCO ₂ eq)				Émissions totales (ktCO ₂ eq)			
	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050
Climatisation commerciale	193	359	720	1369	591	1177	2207	4088
Réfrigération commerciales et industrielles	64	110	164	215	142	264	389	512
Total	257	469	884	1584	734	1441	2596	4600
Scénario de mitigation (SMPE)								
Année	Émissions directes (ktCO ₂ eq)				Émissions totales (ktCO ₂ eq)			
	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050
Climatisation commerciale	191	226	0	0	591	886	843	1597
Réfrigération commerciales et industrielles	63	79	65	50	142	233	290	347
Total	254	305	65	50	734	1120	1133	1944
Économie								
Année	Émissions directes (ktCO ₂ eq)				Émissions totales (ktCO ₂ eq)			
	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050
Climatisation commerciale	2	133	719	1369	2	290	1364	2490
Réfrigération commerciales et industrielles	2	31	99	165	2	31	99	165
Total	3	164	819	1534	3	321	1463	2656
Économies cumulées								
Année	Émissions directes (ktCO ₂ eq)				Émissions totales (ktCO ₂ eq)			
	Jusqu'au	2030	2040	2050	Jusqu'au	2030	2040	2050
Climatisation commerciale		409	4801	15244		843	9655	28848
Réfrigération commerciales et industrielles		124	793	2160		124	793	2160
Total		533	5594	17404		967	10448	31008

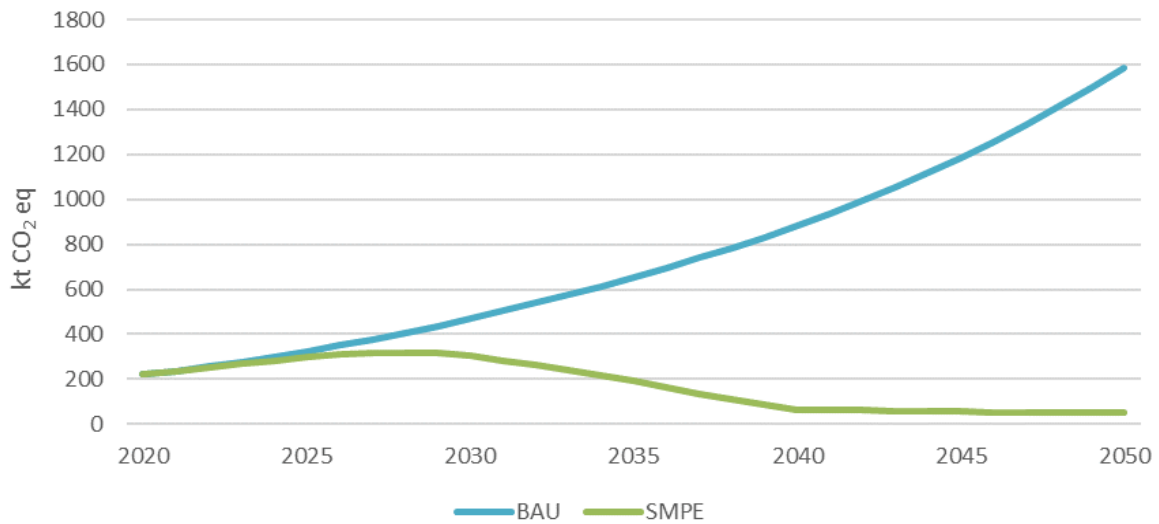


Figure 52 : Projection des émissions directes de la réfrigération commerciale et industrielle et de la climatisation commerciale dans le scénario BAU et le scénario SMPE (Source : Analyse HEAT).

7.3 scénarios d'émissions pour le sous-secteur de la climatisation commerciale

La demande énergétique des différents systèmes de climatisation est présentée à la Figure 53 pour les scénarios BAU et à la Figure 54 pour les scénarios SMPE. La demande énergétique de ce sous-secteur augmente avec un TCAC de 6,1% pour atteindre près de 5 TWh en 2050 si aucune mesure n'est prise.

Au contraire, dans le scénario SMPE, la demande d'énergie pour tous les climatiseurs commerciaux au Burkina Faso est maintenue en dessous de 3 TWh. Dans les deux scénarios, les climatiseurs à vitesse fixe sont remplacés par des unités équipées d'un onduleur. Cependant, dans le scénario SMPE, cela se produit peu après 2035, alors que dans le scénario BAU, cela se produit en 2047.

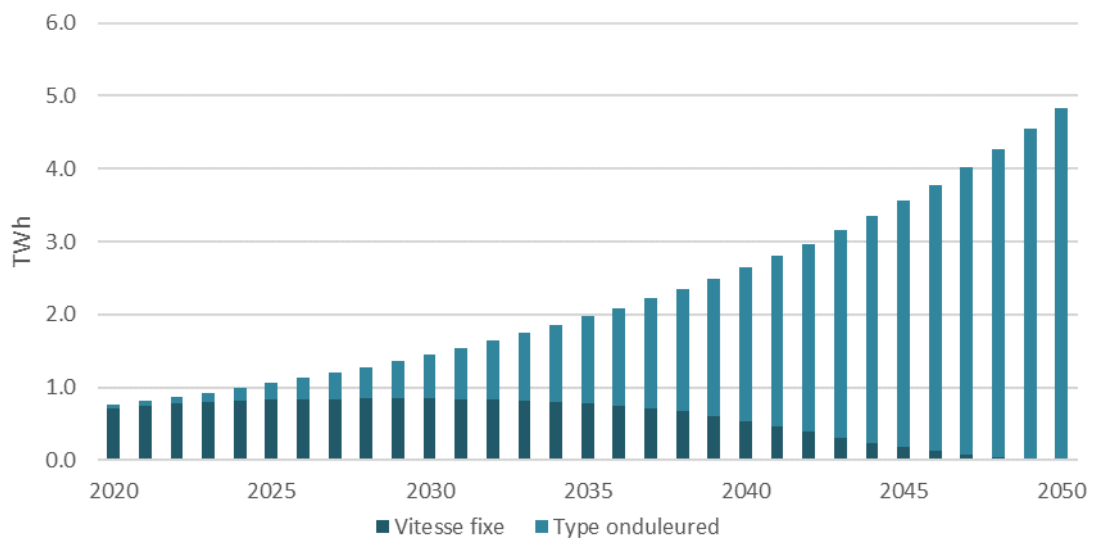


Figure 53 : Consommation d'électricité, dans le scénario BAU, du secteur AC commercial étudié au Burkina Faso 2010-2050 (Source : Analyse HEAT).

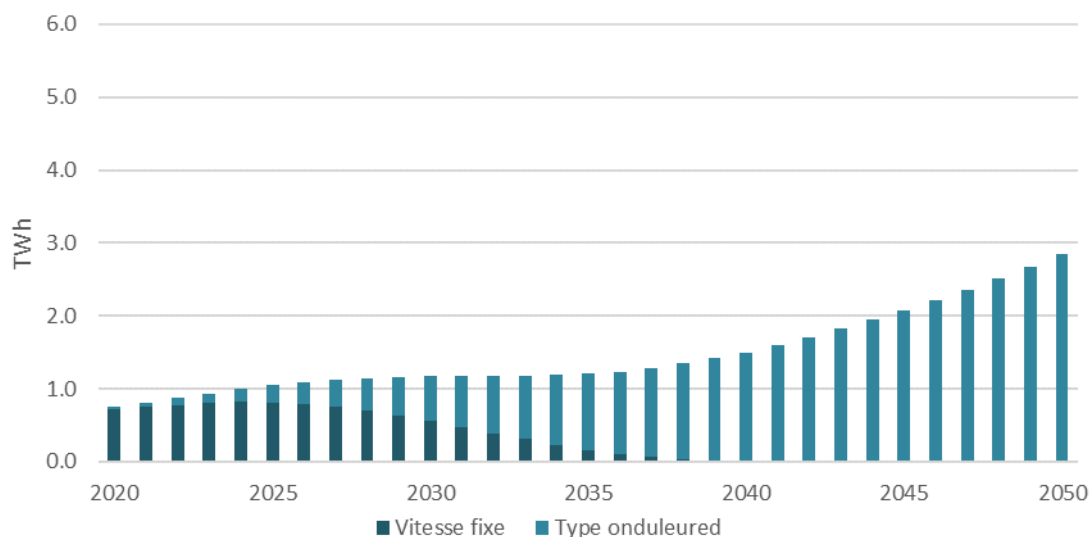


Figure 54 : Consommation d'électricité, dans le scénario SMPE, du secteur AC commercial étudié au Burkina Faso 2010-2050 (Source : Analyse HEAT).

En Figure 55 les deux scénarios sont représentés ensemble à des fins de comparaison. Bien qu'ils augmentent tous deux avec le temps, le TCAC du scénario SMPE (4,2%) est inférieur de près de 2% au TCAC du scénario BAU (6,1%).

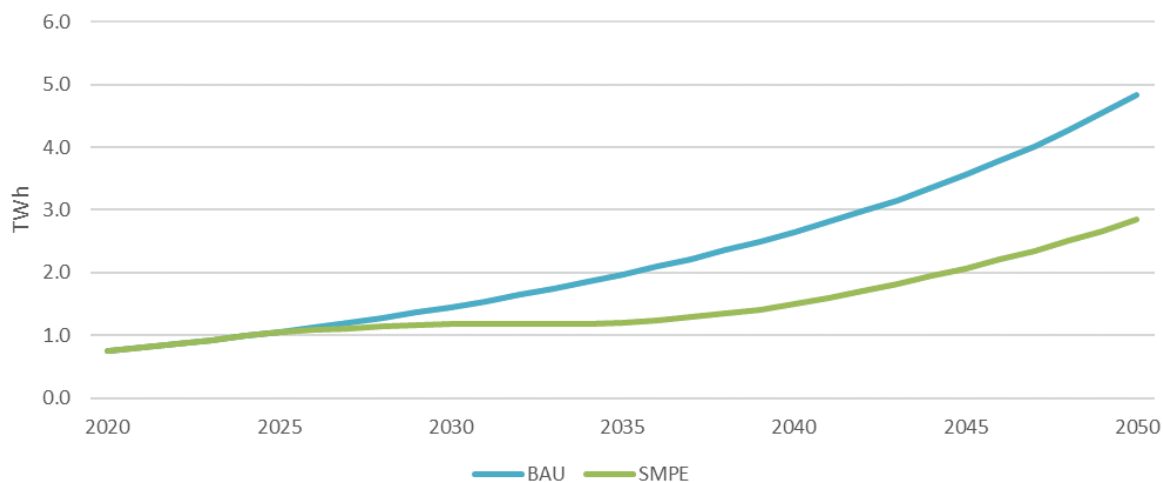


Figure 55 : Consommation d'énergie prévue dans le secteur AC commercial dans le scénario BAU et le scénario de mitigation. (Source : Analyse HEAT)

7.3.1 Émissions directes et leur potentiel de mitigation

La Figure 56 compare les émissions directes dans le secteur des climatiseurs commerciaux du scénario BAU et du scénario d'atténuation (SMPE). Après 2025, en raison du remplacement des HFC par des réfrigérants naturels, les émissions directes des climatiseurs commerciaux dans le scénario SMPE diminuent jusqu'à atteindre zéro en 2040. En revanche, dans le scénario BAU, elles atteignent 1,4 MtCO₂ eq en 2050.

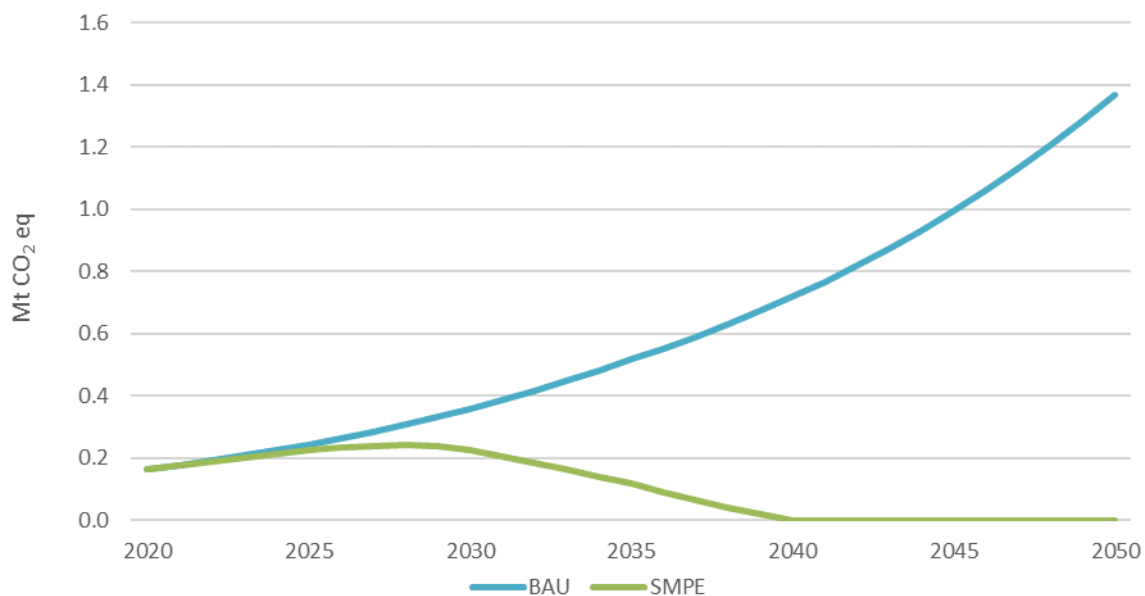


Figure 56 : Emissions directes par le secteur AC commercial dans le scénario BAU et le scénario de mitigation (SMPE). (Source : Analyse HEAT)

7.3.2 Conclusion - Sous-secteur de la climatisation commerciale

Le nombre de climatiseurs commerciaux devrait augmenter d'ici 2050 et leurs émissions également de manière significative dans le scénario BAU, comme le montre la Figure 57. Les émissions peuvent être réduites en améliorant l'efficacité énergétique, en remplaçant les anciens équipements et en adoptant des réfrigérants à faible PRG. La réduction globale dans le secteur commercial est estimée à 22% en 2030 et à 57% en 2050 (Figure 58). Les émissions totales passent de 4 MtCO₂ eq dans le scénario BAU à 1,6 MtCO₂ eq dans le scénario SMPE en 2050.

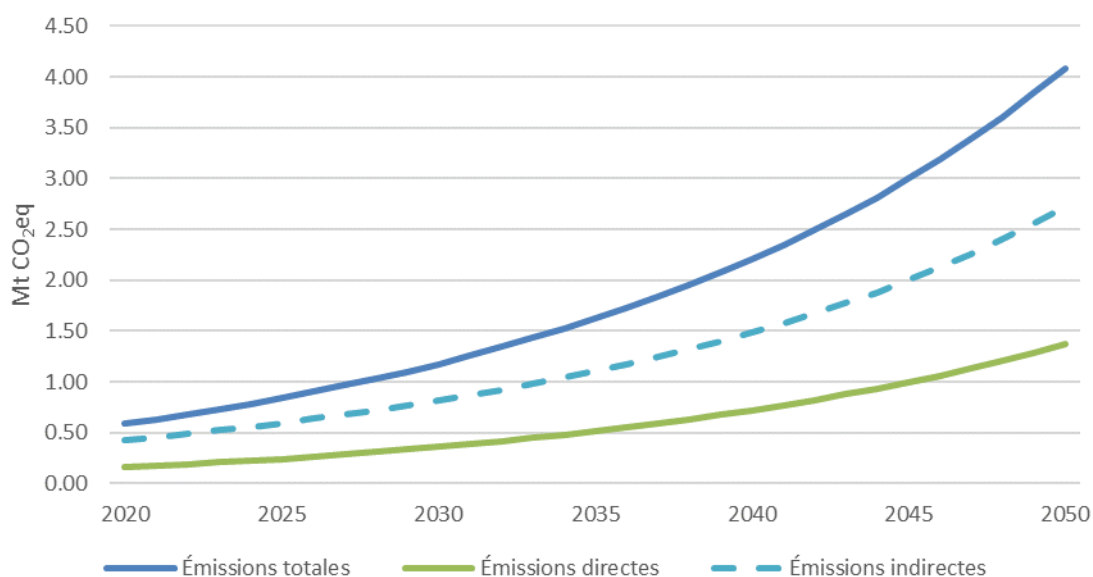


Figure 57 : Émissions potentielles dans un scénario BAU pour le secteur AC commercial (Source : Analyse HEAT).

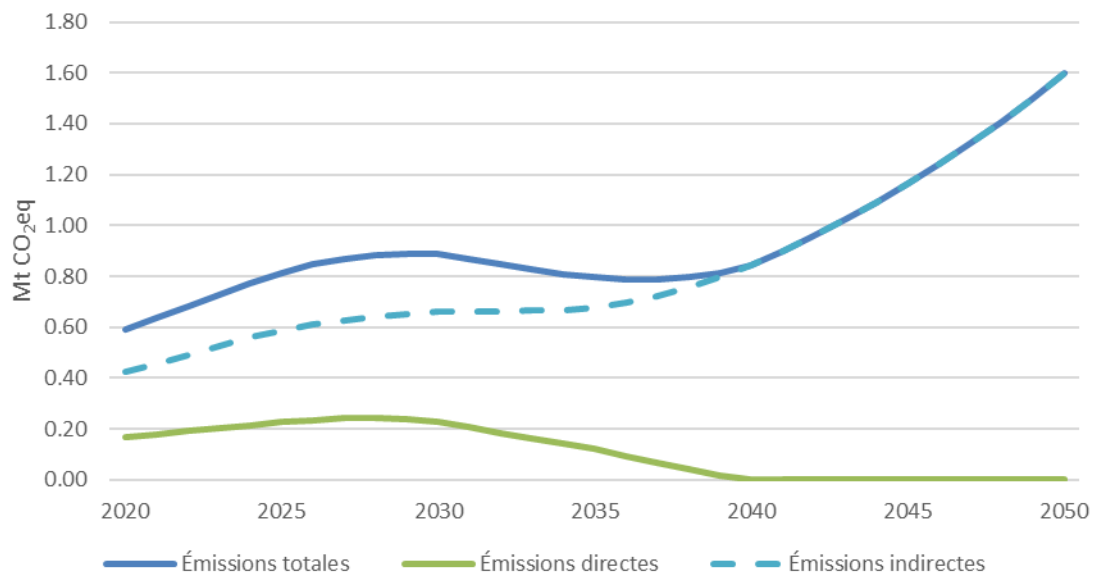


Figure 58 : Émissions potentielles dans le scénario de mitigation (SMPE) pour le secteur AC commercial (Source : Analyse HEAT).

7.4 Scénarios d'émissions pour le secteur de la réfrigération commerciale et industrielle

Comme indiqué ci-dessus, la réfrigération industrielle et commerciale présente le même comportement en termes de consommation d'énergie dans les scénarios SMPE et BAU. Par conséquent, ce chapitre ne traite que du nombre d'unités dans le pays et de leurs émissions directes.

La croissance des stocks est obtenue par une évolution linéaire des ventes pour la période 2022-2050. La croissance de ce secteur est estimée en fonction de l'évolution du PIB du Burkina Faso, comme expliqué au début du chapitre. Le stock annuel total du secteur est présenté dans la Figure 59. Avec un TCAC de 5%, le stock passe de 54 000 en 2022 à 235 400 en 2050. En 2022, ce secteur est principalement intégré par les vitrines (87,7%), suivies par les fontaines d'eau (11,5%), les chambres froides (0,7%), les machines à glace (0,07%) et les refroidisseurs (chillers) (0,03 %).

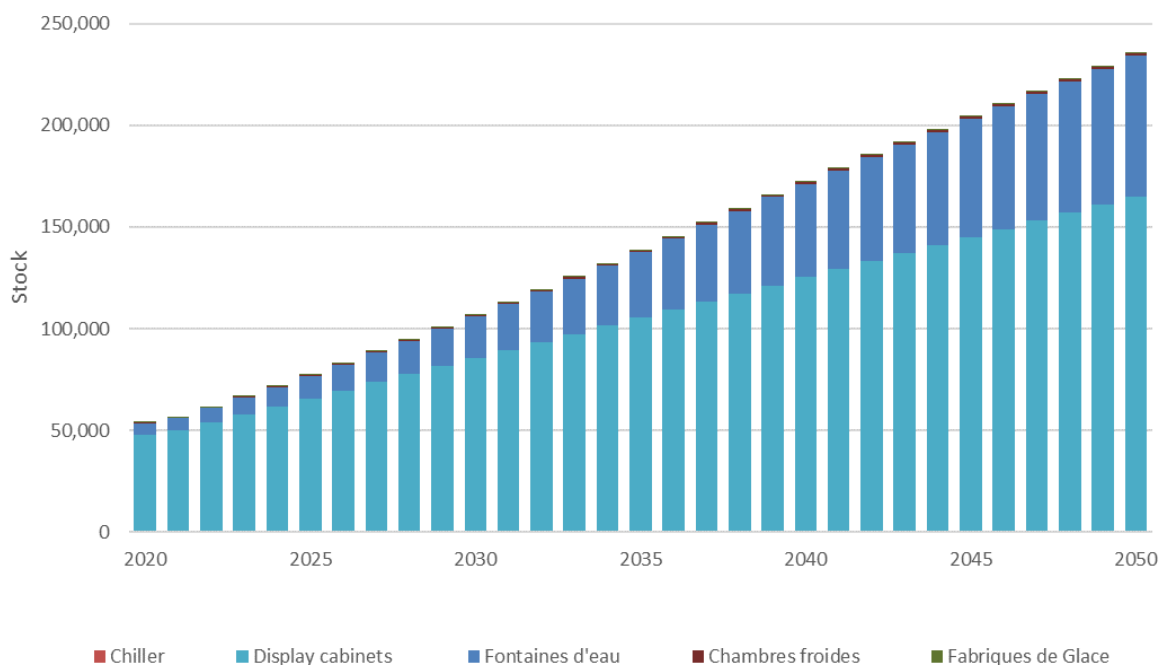


Figure 59 : Stock de système de réfrigération industrielle et commerciale pour la période 2020-2050 (Source : Analyse HEAT).

7.4.1 Émissions directes et leur potentiel de mitigation

Les émissions directes du secteur de la réfrigération industrielle et commerciale sont indiquées dans la Figure 60 pour les scénarios BAU et SMPE. C'est le seul secteur où les émissions directes ne tombent pas à zéro dans le scénario SMPE, car on suppose que certaines grandes unités utilisent des HFC, qui ont de meilleures propriétés de refroidissement pour les gros appareils à haute performance.

L'abandon du HFC R-404A à haut PRG, qui est le plus utilisé, peut réduire efficacement les émissions. L'effet de l'amendement de Kigali sur le choix des réfrigérants est estimé et fait partie du scénario BAU. Celui-ci prévoit une transition lente du R-404A (PRG = 4728) vers une utilisation accrue du HFC R-134a (PRG = 1520) et de l'ammoniac NH₃ (PRG = 0).

Le scénario d'atténuation montre l'effet du passage à des réfrigérants naturels à faible PRG (principalement l'ammoniac et le R-290) d'ici 2035. En raison de la longue durée de vie des équipements, la réduction prononcée des émissions se produit avec un décalage de 25 ans, comme le montre la Figure 60 ci-dessous.

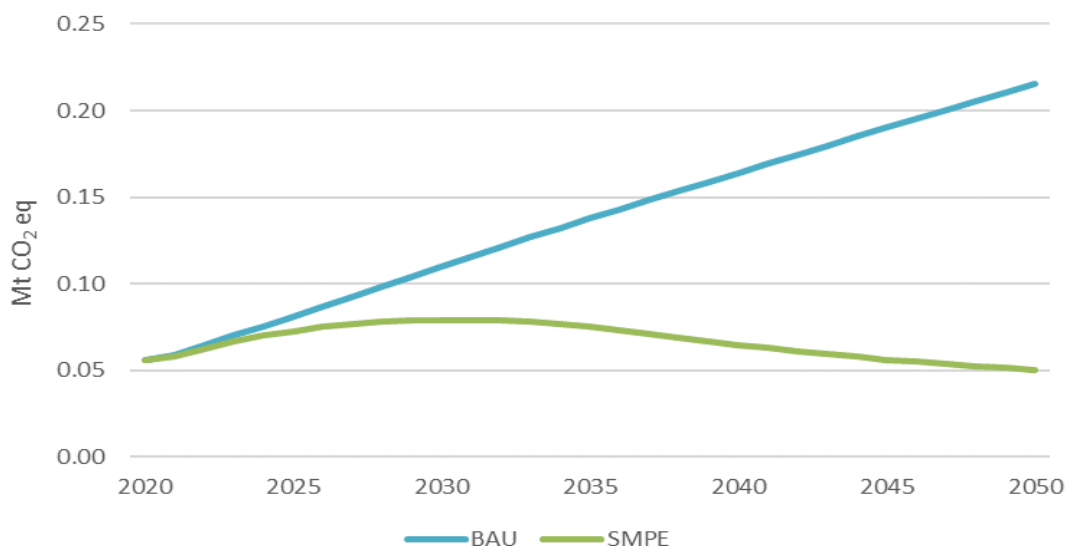


Figure 60 : Émissions directes du secteur de la réfrigération commerciale et industrielle dans le scénario BAU et le scénario de mitigation (SMPE). (Source : Analyse HEAT).

7.4.2 Conclusion - Secteur de la réfrigération commerciale et industrielle

Le nombre d'appareils de réfrigération industrielle et commerciale devrait augmenter d'ici 2050 et leurs émissions vont augmenter de manière significative dans le scénario BAU, comme le montre la Figure 61. Les émissions peuvent être réduites en passant à des réfrigérants à faible PRG. La réduction globale des émissions du secteur est estimée à 11% en 2030 et à 32% en 2050 (Figure 62). Les émissions totales passent de 0,51 MtCO₂ eq dans le scénario BAU à 0,35 MtCO₂ eq dans le scénario SMPE en 2050.

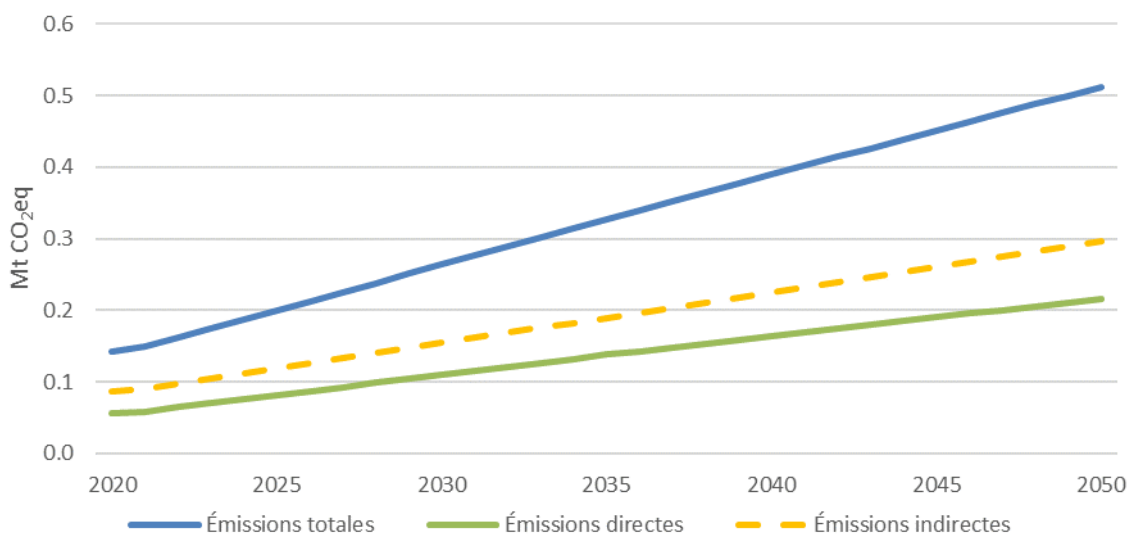


Figure 61 : Émissions potentielles dans un scénario BAU de la réfrigération commerciale et industrielle (Source : Analyse HEAT).

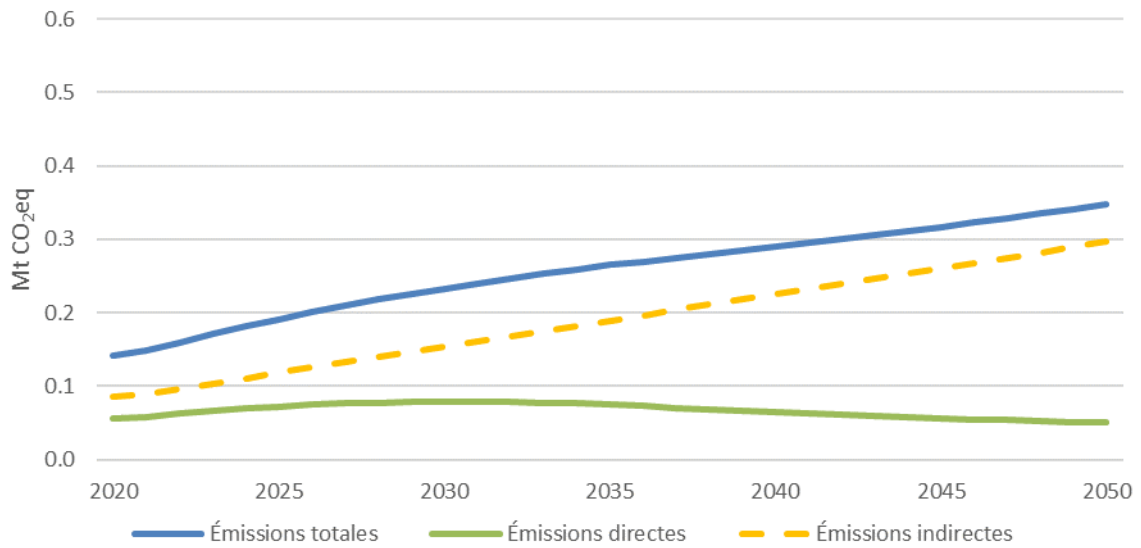
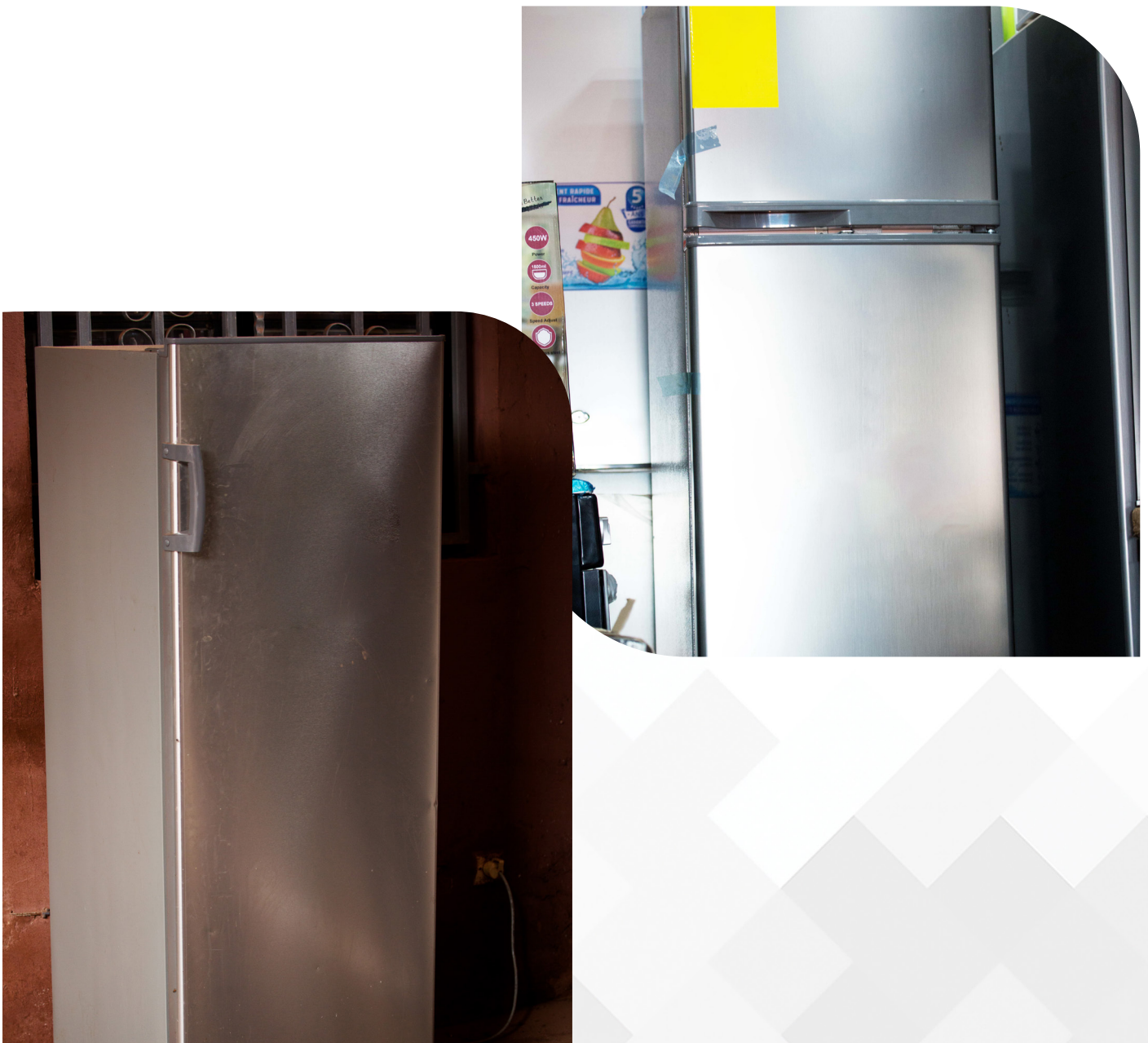


Figure 62 : Émissions potentielles dans le scénario de mitigation (SMPE) de la réfrigération commerciale et industrielle (Source : Analyse HEAT).



8 PROJECTIONS DES EMISSIONS TOTALES - SECTEURS DOMESTIQUE ET INDUSTRIEL

La projection globale des émissions des sous-secteurs étudiés (Figure 63) est dominée par la croissance exponentielle attendue de l'utilisation des climatiseurs split commerciaux et domestiques. Compte tenu de l'hypothèse plutôt prudente selon laquelle 20% des ménages du Burkina Faso posséderont un climatiseur en 2050 et que le nombre de climatiseurs commerciaux augmentera en conséquence, il est impératif de prendre des mesures dès maintenant pour réduire l'impact des émissions du secteur de la climatisation. En plus des mesures proposées dans ce rapport visant la consommation d'énergie (émissions indirectes) et les émissions dues aux réfrigérants (émissions directes), des stratégies à long terme, telles que l'urbanisme durable et la conception de bâtiments écologiques, peuvent réduire la charge thermique des bâtiments en premier lieu, et donc leur demande d'énergie.

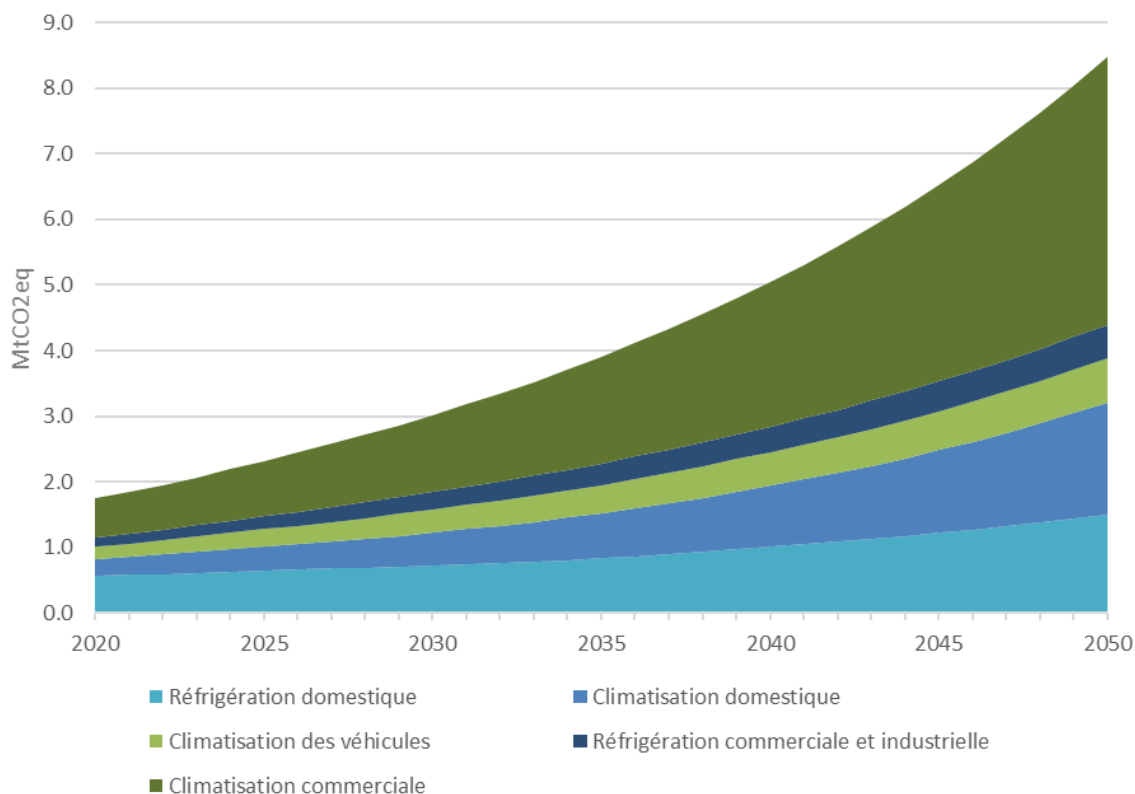


Figure 63 : Emissions totales des sous-secteurs RAC étudiés, dans le scénario BAU, sur la période 2020-2050 (Source : Analyse HEAT).

Si l'on regarde de plus près la décennie actuelle (2020 - 2030), on constate que les émissions liées à l'utilisation de la climatisation (bleu foncé et clair) représentent environ 50% des émissions totales dans les sous-secteurs étudiés comme le montre la Figure 64.

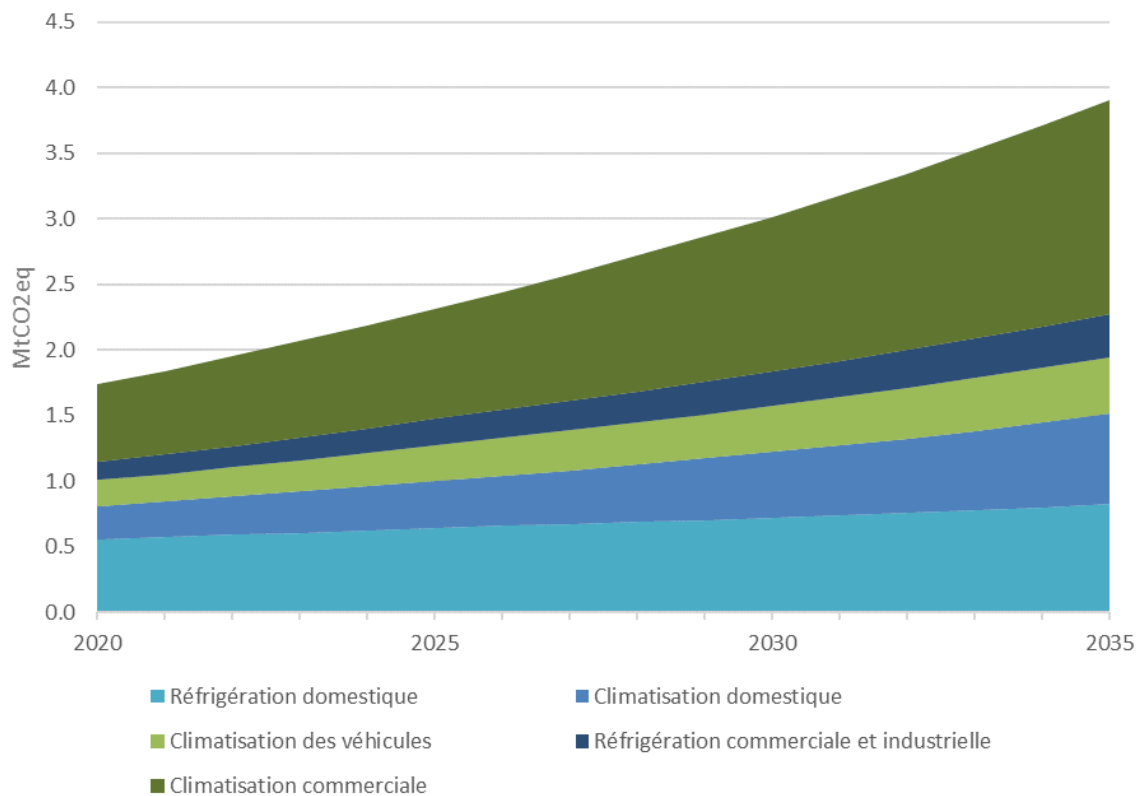


Figure 64 : Emissions totales des sous-secteurs étudiés, dans le scénario BAU, sur la période 2020-2035 (Source : Analyse HEAT).

Grâce aux mesures proposées, il est possible de réduire les émissions de référence de plus de 50% d'ici 2050 comme le montre la Figure 65 et le Tableau 32 et Tableau 33.

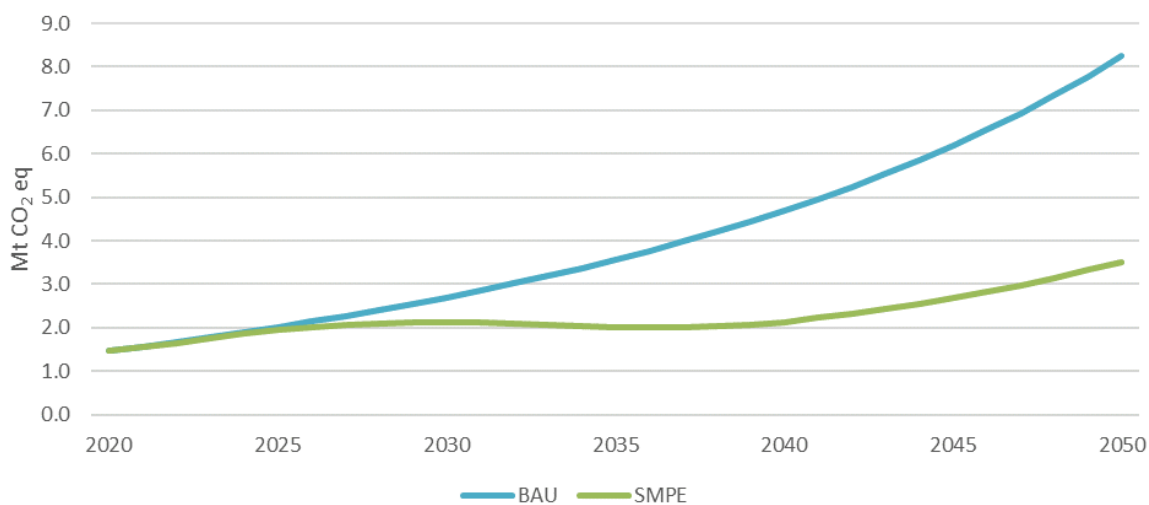


Figure 65 : Emissions totales des sous-secteurs étudiés (domestique et industriel) dans les scénarios BAU et SMPE (Source : Analyse HEAT).

Tableau 32 : Demande d'énergie et émissions résultantes pour les scénarios BAU et de mitigation pour la réfrigération industrielle au Burkina Faso et les économies associées.

Scénario du statu quo								
	Demande d'électricité (GWh)				Émissions provenant de la consommation d'électricité (ktCO ₂ eq)			
Année	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050
Les trois sous-secteurs évalués	1485	2879	5274	9667	835	1619	2966	5435
Scénario de mitigation								
	Demande d'électricité (GWh)				Émissions provenant de la consommation d'électricité (ktCO ₂ eq)			
Année	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050
Les trois sous-secteurs évalués	1485	2416	3317	6031	835	1359	1866	3392
Économie								
	Demande d'électricité (GWh)				Émissions provenant de la consommation d'électricité (ktCO ₂ eq)			
Année	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050
Les trois sous-secteurs évalués	0	463	1957	3635	0	260	1100	2043
Économies cumulées								
	Demande d'électricité (GWh)				Émissions provenant de la consommation d'électricité (ktCO ₂ eq)			
Année	Jusqu'au	2030	2040	2050	Jusqu'au	2030	2040	2050
Les trois sous-secteurs évalués		21898	64279	138767		12315	36146	78026

Tableau 33 : Émissions directes et totales pour le scénario BAU et le scénario de mitigation (MIT) pour la réfrigération industrielle au Burkina Faso et les économies associées.

Scénario du statu quo								
	Émissions directes (ktCO ₂ eq)				Émissions totales (ktCO ₂ eq)			
Année	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050
Les trois sous-secteurs évalués	633	1080	1727	2806	1468	2699	4693	8241
Scénario de mitigation								
	Émissions directes (kt CO ₂ eq)				Émissions totales (kt CO ₂ eq)			
Année	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050
Les trois sous-secteurs évalués	633	773	262	124	1468	2132	2128	3515
Économie								
	Émissions directes (ktCO ₂ eq)				Émissions totales (ktCO ₂ eq)			
Année	2020	2030	2040	2050	2020	2030	2040	2050
Les trois sous-secteurs évalués	0	306	1464	2682	0	567	2564	4725
Économies cumulées								
	Émissions directes (ktCO ₂ eq)				Émissions totales (ktCO ₂ eq)			
Année	Jusqu'au	2030	2040	2050	Jusqu'au	2030	2040	2050
Les trois sous-secteurs évalués		8650	23385	46109		20965	59531	124135

9 CONCLUSION ET RECOMMANDATIONS

Dans le chapitre précédent, il a été clair que les sous-secteurs RAC influençant le plus la demande énergétique et les émissions des GES au Burkina Faso sont la climatisation (domestique et commerciale) et la réfrigération domestique. L'importance de ces deux sous-secteurs ne fera que s'amplifier d'ici 2050. C'est pour cette raison qu'il y a urgence de prendre les mesures nécessaires pour limiter et réduire leur impact climatique.

Comme le Burkina Faso n'a pas de système de SMPE obligatoire en place, les appareils utilisés ont des performances énergétiques inférieures à celles des bonnes pratiques internationales et des pays en développement les plus avancés. De même, il n'y a pas de système d'étiquetage énergétique uniforme et obligatoire établi et les utilisateurs finaux manquent de directives claires sur les appareils économes en énergie. Les importateurs et les revendeurs sont peu incités à mettre sur le marché des appareils plus économes en énergie, car les utilisateurs finaux non informés ont tendance à acheter les appareils dont les coûts initiaux sont les plus bas.

Les points suivants fournissent une liste de recommandations pour la mise en œuvre effective d'un système de SMPE, d'étiquetage énergétique et de surveillance du marché :

1. Adoption de normes obligatoires d'essais de sécurité et d'énergie comme décrit dans le chapitre 4 de ce rapport. Ces normes sont très avancées par rapport aux normes précédentes et sont adoptées rapidement par un nombre croissant de pays et de fabricants.
2. Adoption d'un niveau SMPE obligatoire.
3. Adoption d'un système d'étiquetage énergétique obligatoire.
4. Adoption d'un calendrier d'introduction et de mise à niveau des SMPE et des étiquettes énergétiques.
5. Identifier l'agence burkinabaise officielle qui aurait la charge de la certification des équipements RAC et la surveillance du marché.
6. Il est recommandé de développer une base de données centrale sur les équipements se trouvant sur le marché Burkinabè, avec des informations partagées entre les institutions et les parties prenantes concernées sur les données clés des appareils approuvés (y compris les données de performance, l'étiquette, le réfrigérant, les ventes annuelles, etc.) À partir de cette base de données, des informations pertinentes doivent également être mises à la disposition du public, par exemple des informations comparatives sur les prix initiaux et le CCV des appareils, consommation électrique, etc. via un portail internet central ou des applications mobiles.
7. Il est recommandé d'établir un système national de certification pour les techniciens du froid.
8. Il est recommandé de contrôler (voir d'interdire) l'entrée sur le territoire Burkinabè des appareils de seconde main (majoritairement énergivore), et cela pour réduire la durée de vie des équipements inefficaces.
9. Avec la neutralité carbone comme objectif (Accord de Paris) pour 2050, il est recommandé que le Burkina Faso augmente rapidement la part des énergies renouvelables dans le mix énergétique du pays.

10 REFERENCES

- Institute for Global Environmental Strategies (2022). *List of Grid Emission Factors version 11.1*.
<https://pub.iges.or.jp/pub/iges-list-grid-emission-factors>
- IPCC. (2021) Climate Change 2021 : The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2391 pp. doi :10.1017/9781009157896
- Ministère des transports de la mobilité urbaine et de la sécurité des transports. (2018). *Annuaire statistique 2018 du secteur des transports*.
- MLF. (2023). Proposition de projet pour la phase II du plan de gestion de l'élimination des HCFC (HPMP) pour le Burkina Faso, 2023.
- U4E. (2019a). Model Regulation Guidelines for Energy-Efficient and Climate-Friendly Refrigerating Appliances - United for Efficiency.
- U4E. (2019b). Model Regulation Guidelines, Supporting Information, Energy-Efficient and Climate-Friendly Air Conditioners.
- U4E. (2021). Model Regulation Guidelines Energy-Efficient and Climate-Friendly Commercial Refrigeration Equipment.
- UEMOA. (2019). Chiffres clés sur l'énergie au Burkina Faso et dans l'espace. www.ifdd.francophonie.org
- UNIDO. (2021). Enabling Activities for HFC Phase-down in Burkina Faso.

Ressources en ligne (date de consultation entre février et avril 2023)

Africa Sustainable Livestock 2050 – Burkina Faso

<https://www.fao.org/inaction/asl2050/countries/bfa/ar/# :~ :text=Burkina%20Faso%20va%20dramatiquement%20transformer,l'économie%20t%20plus%20 que%20quintupler>

Commission Delegated Regulation (EU) No 1060/2010 of 28 September 2010 supplementing Directive 2010/30/ EU of the European Parliament and of the Council

http://data.europa.eu/eli/reg_del/2010/1060/oj

Global Climate Change Alliance

<https://gcca.eu/>

Global energy data - International Energy Agency

<https://www.iea.org/countries/burkina-faso>

Institut des stratégies environnementales mondiales, Hayama, Japon. Octobre 2022

<https://www.iges.or.jp/en/pub/list-grid-emission-factor/en>

Lignes directrices du GIEC

<https://www.ipcc-nggip.iges.or.jp/public/2006gl/index.html>

Lien vers la base de données de l'IFI

https://newsroom.unfccc.int/sites/default/files/resource/Harmonized_IFI_Default_Grid_Factors_2021_v3.2_0.xlsx

World Bank GDP – Burkina Faso

<https://data.worldbank.org/indicator/NY.GDP.MKTP.CD?locations=BF>

World Bank Population - Burkina Faso

<https://data.worldbank.org/indicator/SP.POP.TOTL?locations=BF>



Cofinancé par
l'Union européenne



coopération
allemande
DEUTSCHE ZUSAMMENARBEIT



CONTRIBUTION À L'EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE POUR LA CLIMATISATION ET LA RÉFRIGÉRATION DOMESTIQUE ET INDUSTRIELLE AU BURKINA FASO

Publié par la

giz Deutsche Gesellschaft
für Internationale
Zusammenarbeit (GIZ) GmbH