

# Réduction progressive de la consommation de HFC dans l'UE – Évaluation des implications pour le secteur RAC

RAPPORT FINAL

- Version 11
- Septembre 2012

# Réduction progressive de la consommation de HFC dans l'UE – Évaluation des implications pour le secteur RAC

PROJET DE RAPPORT

- Version 11
- Septembre 2012

SKM EnviroS  
New City Court, 20 St Thomas Street, London, SE1 9RS  
Royaume-Uni  
Tél : +44 20 7759 2600  
Fax : +44 20 7759 2601  
Web : [www.skmenviros.com](http://www.skmenviros.com)

**COPYRIGHT** : Les concepts et les informations contenus dans ce document sont la propriété de Sinclair Knight Merz (Europe) Ltd. L'utilisation ou la copie de ce document, en entier ou en partie, dans la permission écrite de Sinclair Knight Merz (Europe) Ltd constitue une violation du droit d'auteur.

**LIMITATION** : Ce rapport a été préparé pour le compte et l'usage exclusive du Client de Sinclair Knight Merz (Europe) Ltd, et 's Client. Il est soumis aux dispositions complémentaires de l'accord entre Sinclair Knight Merz (Europe) Ltd et son Client. Sinclair Knight Merz (Europe) Ltd réfute toute responsabilité dans le cadre de l'usage fait de ce rapport ou de la confiance accordée à ce rapport par un quelconque tiers.

## Sommaire

Résumé analytique	1
1. Introduction	13
1.1. Objectifs de l'étude et structure du rapport	13
1.2. Contexte de l'utilisation de F-Gaz	14
1.3. Politiques pour réduire les émissions de F-Gaz	15
1.4. Comprendre les émissions, la demande et la consommation de HFC	15
2. Utilisation de réfrigérants alternatifs dans les marchés RAC	17
2.1. Sélection des réfrigérants appropriés	17
2.2. Secteurs et sous-secteurs du marché	18
2.3. Utilisation actuelle de réfrigérants	20
2.4. Réduction de la consommation et des émissions de HFC	21
2.5. Impact de la sélection de réfrigérants sur l'efficacité énergétique	23
3. Base de modélisation	26
3.1. Présentation de la modélisation des secteurs RAC	26
3.2. Analyse de scénarios	26
3.3. Paramètres d'entrée	27
3.4. Méthodologie d'analyse économique	29
4. Profil des secteurs de marché et options de réfrigérants	31
4.1. Description des sous-secteurs	31
4.2. Analyse des options de réfrigérants	34
5. Scénarios futurs de la consommation de HFC pour le marché RAC	38
5.1. Présentation des scénarios RAC	38
5.2. Résultats pour l'ensemble du marché RAC	40
5.3. Résultats pour les 7 principaux secteurs de marché RAC	50
5.4. Avantages environnementaux des pompes à chaleur	54
5.5. Analyse économique	55
5.6. Réduction progressive anticipée pour le HFC 404A	60
5.7. Réductions d'émissions	63
6. Interaction avec les secteurs de marché non-RAC	65
6.1. Aérosols techniques	65
6.2. Aérosols médicaux	66
6.3. Soufflage de mousses	67
6.4. Systèmes de protection contre le feu	68
6.5. Profils de consommation future de HFC pour les secteurs non-RAC	69
7. Profils de réduction progressive des HFC	70
7.1. Propositions de réduction progressive	70
7.2. Evaluation des HFC dans le secteur RAC	72

7.3.	Evaluation globale, y compris les secteurs non-RAC	73
Annexe A	Acronymes et abréviations	74
Annexe B	Références	75
Annexe C	Profils des sous-secteurs de marché	76
Annexe D	Choix de réfrigérants pour les sous-secteurs	120

## Résumé analytique

### Contexte et méthodologie

1. Ce rapport fournit les résultats d'une étude concernant le potentiel pour la réduction progressive de la consommation de HFC dans les marchés européens de la réfrigération, de la climatisation et des pompes à chaleur (RAC). L'étude a été réalisée par SKM Enviro, pour le compte d'EPEE, au cours de la période entre mars et juin 2012.
2. L'étude a pour but de déterminer les coûts potentiels et la diminution des émissions de gaz à effet de serre (GES) selon différents profils de réduction progressive de la consommation de HFC (« HFC phase-down ») dans l'UE.
3. Une modélisation détaillée des marchés RAC européens a été réalisée. Un nouveau modèle, appelé « Modèle SKM des réfrigérants », a été développé pour fournir les détails nécessaires à l'évaluation complète du potentiel de réduction des émissions et des implications économiques d'une réduction progressive des HFC. Le nouveau modèle se base sur les résultats des travaux effectués précédemment pour l'EPEE (Erie-Armines, 2011).
4. Le marché RAC a été modélisé à l'aide de 7 secteurs principaux et 43 sous-secteurs. Un grand nombre de sous-secteurs permet d'assurer que les circonstances variables du marché RAC soient prises en compte. D'autres études récentes emploient moins de sous-secteurs (l'Öko-Recherche 2011 utilise 18 sous-secteurs, et l'étude Erie-Armines de 2011 en inclut 34). Ce rapport offre donc une granularité plus élevée, pour une modélisation plus précise.
5. Un système actuel standard a été défini pour chaque sous-secteur. Des caractéristiques clé ont été identifiées, incluant la taille actuelle du marché, la rapidité de développement du marché, la charge de réfrigérant et les taux de fuite, l'efficacité énergétique et le coût en capital. Des réfrigérants alternatifs possibles ont été évalués pour chaque sous-secteur. L'impact de chaque alternative a été estimé en termes d'efficacité énergétique, de coût en capital et de coûts d'exploitation, ainsi qu'en termes de limitations potentielles en place (par exemple une législation en matière de sécurité). La plupart des alternatives considérées nécessitaient un nouvel équipement, bien que pour certains marchés, la possibilité de ré-remplir des systèmes existants avec un réfrigérant alternatif (« retrofil ») a également été évaluée.
6. Un Cas de base déterminant la consommation probable de réfrigérant d'ici 2040 a été défini à l'aide de suppositions quant aux réfrigérants utilisés pour le nouvel équipement, sur une base annuelle. Dans le Cas de base, les pratiques et les tendances actuelles pour ce qui est de l'utilisation de réfrigérant sont étendues sur les 30 prochaines années. Des scénarios alternatifs ont été définis pour être comparés au Cas de base. Chaque scénario introduit des changements permettant de réduire la consommation de HFC.

7. L'impact économique de chaque scénario a été modélisé et comparé avec le Cas de base, fournissant une estimation du coût de la réduction des émissions, en termes de € par tonne de CO<sub>2</sub> économisée. La consommation annuelle de réfrigérant pour chaque scénario a été établie et comparée avec les profils de réduction progressive proposés par le biais du processus du Protocole de Montréal.
8. Les données de base utilisées comme entrées dans le Modèle SKM des réfrigérants montrent une croissance significative dans certains sous-secteurs entre 2010 et 2030. Durant cette période, en particulier l'utilisation de climatisations fixes devrait augmenter de 90%, et celle des pompes à chaleur pour le chauffage seul de 290% (en moyenne 7% par an, avec une petite quantité au départ). Ce taux de croissance élevé va faire augmenter considérablement la demande en réfrigérants sur ces marchés. L'évaluation de la réduction progressive de HFC doit prendre en compte ces changements dans la taille du marché.

### Scénarios analysés

9. Ce rapport présente les quatre scénarios principaux suivants :

Scénario	Description	Commentaires
<b>A</b>	Impact faible, cas de base (tous les scénarios sont comparés avec le Scénario A pour l'évaluation de l'impact économique)	Le Scénario A reflète une vue conservatrice des changements actuels dans l'utilisation de réfrigérants. Il est utilisé comme prévision BAU (« Business as Usual », BAU) et sert de comparatif pour les autres scénarios. Le Scénario A reflète l'utilisation possible des HFC sous le régime de réglementation actuel (en particulier le Règlement F-Gaz de 2006).
<b>B</b>	Impact moyen	Le Scénario B introduit des réductions dans l'utilisation de HFC pour de nouveaux systèmes, ainsi que des améliorations dans les taux de fuite grâce à la mise en œuvre complète du Règlement F-Gaz.
<b>C</b>	Impact élevé	En comparaison avec le scénario B, ce scénario suppose (i) une plus grande utilisation d'alternatives à très faible PRG, (ii) l'utilisation anticipée d'alternatives à PRG moyen dans les nouveaux équipements, pour éviter l'installation de tout nouveau système employant des réfrigérants à PRG très élevé, et (iii) re-remplissage (« retrofit ») d'une partie de la banque de réfrigérants à PRG élevé (en particulier le HFC 404A) dans des circonstances appropriées.
<b>D</b>	Impact maximal	Ce scénario est meilleur que le C, car il suppose une utilisation plus généralisée de réfrigérants A2L (faiblement inflammable) à partir de 2020, dans les climatisations fixes et les marchés industriels.

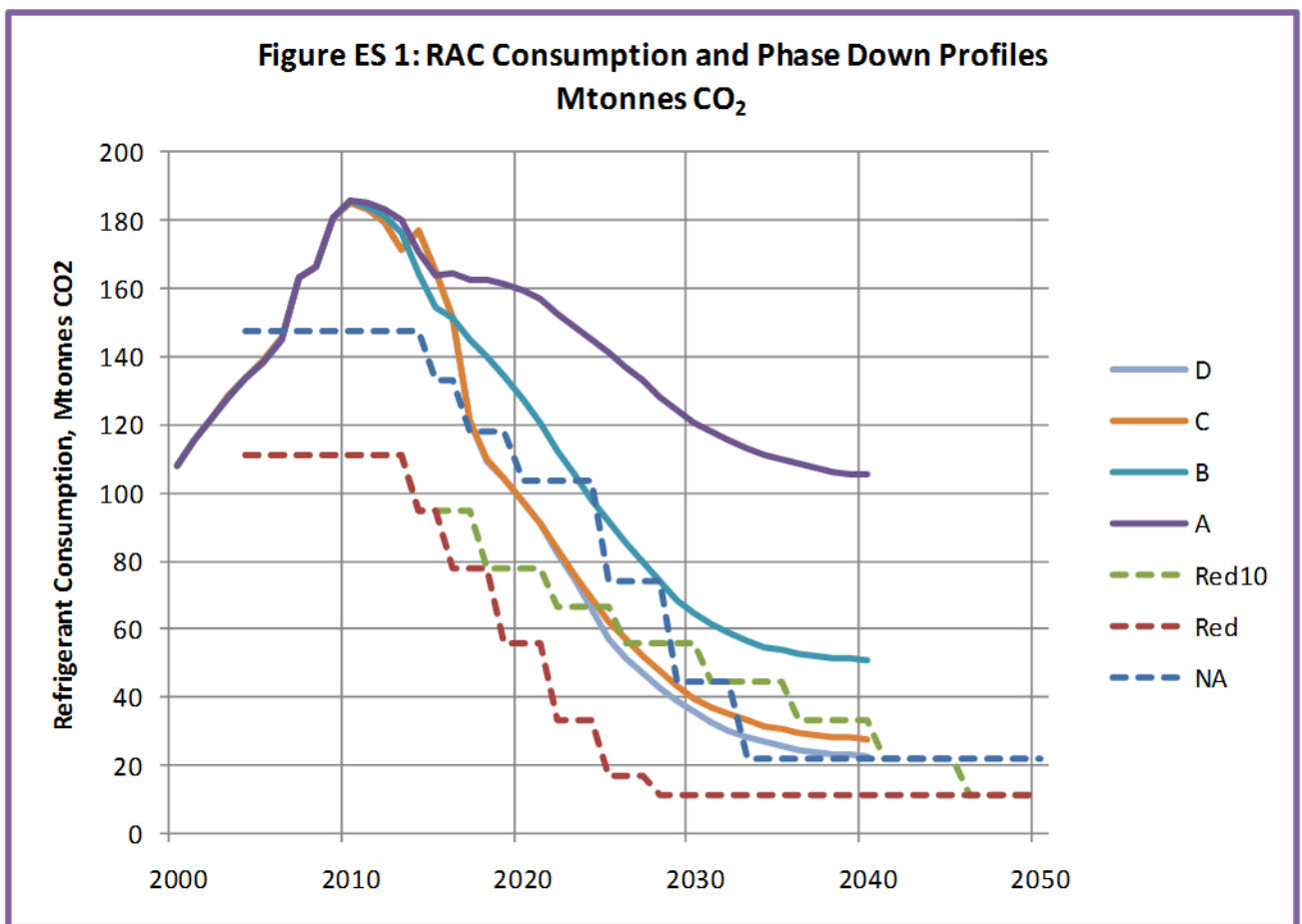
## Réfrigérants alternatifs considérés

10. Quatorze réfrigérants différents ont été considérés comme alternatives aux HFC utilisés actuellement. Ceux-ci ont été divisés en 3 groupes, en fonction du Potentiel de réchauffement global (PRG) :

- **Groupe 1** : 6 réfrigérants avec un PRG très faible (inférieur à 10), y compris l'ammoniaque, le CO<sub>2</sub>, les hydrocarbures (HC) et 3 nouveaux fluorocarbures insaturés (HFO).
- **Groupe 2** : 4 réfrigérants avec un PRG faible (dans la plage de 100 à 1000), y compris le HFC 32, le HFC 245fa et 2 mélanges à base de HFO (un mélange faiblement inflammable, avec un PRG nominal de 300, et un mélange ininflammable avec un PRG nominal de 700).
- **Groupe 3** : 4 réfrigérants avec un PRG moyen (dans la plage de 1000 à juste au-dessus de 2000), y compris le HFC 134a, le HFC 410A, le HFC 407A et le HFC 407F. Il est important de noter que ces réfrigérants ont un PRG équivalent à seulement un tiers ou la moitié de celui du HFC 404A largement utilisé, et peuvent permettre de diminuer rapidement et à moindre coût la consommation de HFC.

## Profils de réduction progressive pour l'ensemble du marché RAC

11. Un résultat clé de la modélisation consiste en la comparaison entre la consommation future de réfrigérants avec les profils de réduction progressive selon une proposition Nord-américaine (NA), et des scénarios de l'UE développés par l'Öko Recherche. La Figure ES 1 montre la consommation pour une gamme de scénarios, en comparaison avec les propositions de réduction progressive. Les 3 lignes « en gradins » sont des propositions de réduction progressive, tandis que les 4 courbes A, B, C et D représentent des scénarios de consommation analysés dans la présente étude.



La Figure ES 1 montre clairement que :

- Le Scénario A (Cas de base) montre seulement un faible déclin dans la diminution de réfrigérants.
- Le Scénario B ne satisfait au profil NA qu'en 2024 et 2028.
- Le Scénario C ne satisfait au profil de réduction progressive NA qu'entre 2018 et 2032, bien qu'il n'atteigne les cibles ni dans les premières années, ni après l'étape finale de réduction progressive en 2033.



- Le Scénario D fait apparaître des diminutions plus importantes que le scénario C, mais ne parvient pas à satisfaire à l'étape finale dans le profil NA
- Les cibles de 2014 à 2018 sont très difficiles à atteindre, car les lignes de base définies dans chaque proposition ne tiennent pas compte de la croissance du marché entre 2005 et 2012.
- Les diminutions importantes proposées dans les profils de réduction progressive de l'UE seront très difficiles à atteindre dans les secteurs RAC avec les scénarios analysés.

## Coût de la réduction des émissions

12. Le potentiel de réduction globale des émissions pour 3 scénarios est résumé dans le Tableau ES 1.

**Tableau ES 1 : Réduction des émissions brutes (en millions de tonnes de CO<sub>2</sub>)  
– en comparaison avec le Scénario A, 2030**

	B	C	D
1 – Réfrigération domestique	0.1	0.1	0.1
2 - Réfrigération commerciale	24.2	34.6	34.6
3 – Transport réfrigéré	0.9	1.4	1.4
4 – Réfrigération industrielle	2.7	5.2	5.4
5 – Climatisation fixe (SAC) et pompes à chaleur	14.5	15.4	16.9
6 – Chiller & pompes à chaleur hydroniques	5.0	5.8	5.8
7 – Climatisation mobile	2.3	2.5	2.5
<b>Total</b>	<b>49.6</b>	<b>64.8</b>	<b>66.6</b>

Ce tableau montre que 65 à 67 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> peuvent être économisées en 2030 grâce aux Scénarios C et D. Plus de la moitié des économies potentielles vient du secteur de la réfrigération commerciale.

13. L'impact économique de chaque scénario en termes de coûts de réduction (en € par tonne de CO<sub>2</sub> économisée) est résumé dans le Tableau ES 2.

**Tableau ES 2 : Coût de la réduction (€/tCO<sub>2</sub>)  
– en comparaison avec le Scénario A, 2030, cas moyen**

	B	C	D
1 - Réfrigération domestique	-119	-95	-95
2 - Réfrigération commerciale	15	23	23
3 - Transport réfrigéré	5	-11	-11
4 - Réfrigération industrielle	10	-1	16
5 - Climatisation fixe (SAC) et pompes à chaleur	24	27	45
6 - Chillers & pompes à chaleur hydroniques	-7	4	4
7 - Climatisation mobile	7	11	11
<b>Total</b>	<b>15</b>	<b>19</b>	<b>25</b>

Ce tableau montre que selon les hypothèses du « cas moyen », le coût global de la réduction des émissions est compris entre 15€ et 25€ par tonne de CO<sub>2</sub>. Dans le Tableau ES 2, les valeurs du coût de la réduction s'appliquent pour 2030.

14. L'analyse économique est très sensible aux hypothèses relatives (a) à l'investissement supplémentaire lié à l'utilisation de réfrigérants alternatifs, (b) au coût d'entretien supplémentaire et (c) à la différence d'efficacité énergétique. Un grand nombre de réfrigérants alternatifs considérés dans l'analyse (en particulier les HFO et les mélanges de HFO) ne parviendront sur le marché qu'en 2015 – il est très difficile de prévoir le coût et l'efficacité des systèmes RAC employant ces réfrigérants. D'autres options importantes, telles que le CO<sub>2</sub>, n'en sont qu'au début de leur développement – ce qui complique encore une fois les prévisions en termes de coût et d'efficacité.

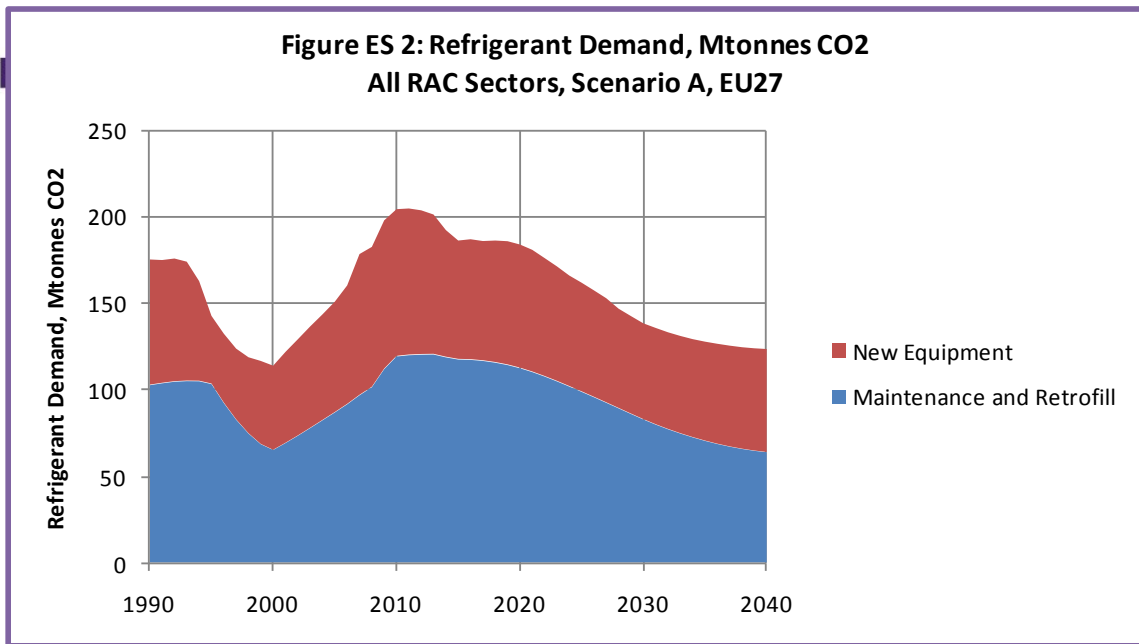
Les résultats de l'analyse de sensibilité sont représentés dans le Tableau ES 3. Ils montrent que l'incertitude quant au coût de la réduction varie entre environ 4€ et 43€ par tonne de CO<sub>2</sub>.

Tableau ES 3	Coûts de la réduction en € par tonne de CO <sub>2</sub>			
	Scénario :	B	C	D
Investissement important, entretien important et faible efficacité		25	34	43
Valeurs du cas moyen		15	19	25
Investissement faible, entretien réduit, efficacité élevée		4	4	7

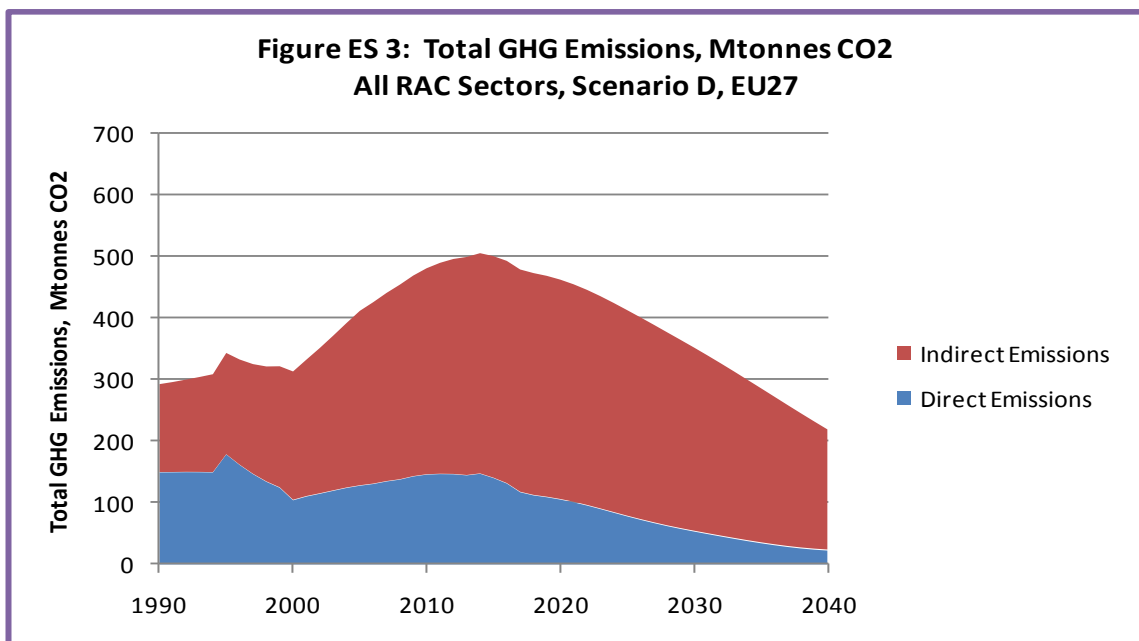
15. Les niveaux du coût de la réduction selon l'Öko-Recherche 2011 s'appuient sur des hypothèses optimistes quant à l'efficacité énergétique d'alternatives telles que l'ammoniaque. La présente étude fournit une évaluation plus réaliste des différences d'efficacité énergétique entre les réfrigérants.

## Émissions de GES

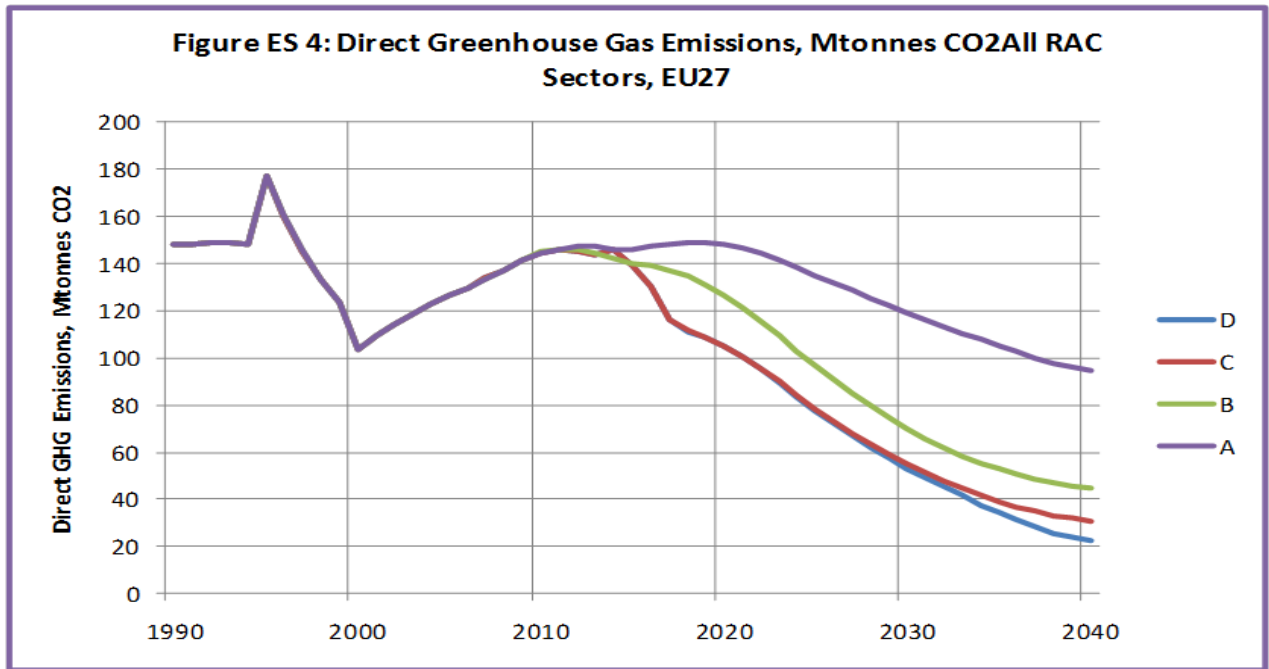
16. Les résultats de la modélisation montrent que selon le Scénario A (cas de base), les émissions dues à la recharge des fuites représentent 60% de la demande pondérée en réfrigérants GES en 2030. Cela révèle l'importance d'une amélioration supplémentaire des taux de fuite, par le biais du cadre établi dans le Règlement F-Gaz de 2006. La Figure ES 2 illustre la demande de nouvel équipement et la demande d'entretien.



17. La modélisation montre l'importance des émissions de CO2 « indirectes » relatives à l'énergie. En 2030, les émissions relatives à l'énergie représentent 85% de l'ensemble des émissions, comme le montre la Figure ES 3. Pour atteindre une diminution maximale dans l'ensemble des émissions, une amélioration supplémentaire de l'efficacité énergétique des systèmes RAC paraît clairement indispensable. Le choix du réfrigérant ne doit pas nuire aux efforts mis en œuvre pour améliorer l'efficacité énergétique.



18. La figure ES4 illustre les prévisions des émissions directes de GES tous secteurs RAC confondus pour les 4 scénarios. En 2030, les réductions réalisées comparé à l'année 2010 atteindront 74 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> pour la Scénario B et 91 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> pour le Scénario D.



### Réduction des émissions des pompes à chaleur

19. Le modèle a été utilisé pour évaluer les bénéfices environnementaux des pompes à chaleur (à la fois les pompes à chaleur pour le chauffage seul et les climatisations / pompes à chaleur réversibles). Les résultats montrent la grande importance des pompes à chaleur. Il est prévu qu'en 2030, des réductions nettes d'émissions de GES à hauteur de 155 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> pourraient être attribuées aux pompes à chaleur utilisées à la place des chaudières à gaz, c'est-à-dire 3 fois plus que le niveau présumé de réduction d'émissions atteint grâce à la réduction progressive des HFC. Même dans le scénario du cas de base, les émissions directes de réfrigérants relatives à ces pompes chaleur ne sont estimées qu'à 15 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>. Ces données soulignent l'importance d'un système de réduction progressive souple, laissant suffisamment de possibilités de croissance au marché des pompes à chaleur utilisant des réfrigérants fournissant une efficacité énergétique maximale.

### Disponibilité de réfrigérants récupérés

20. Pour 2025, le modèle prévoit qu'environ 28 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> de réfrigérant HFC pourraient être récupérées et réutilisées à partir de vieux équipements arrivés en fin de vie. Cela donne environ 20 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> en 2033. Ce réfrigérant récupéré peut contribuer de façon significative à atteindre les objectifs de réduction progressive d'ici 2035, à condition qu'un marché adéquat puisse être établi pour les HFC recyclés / récupérés, et

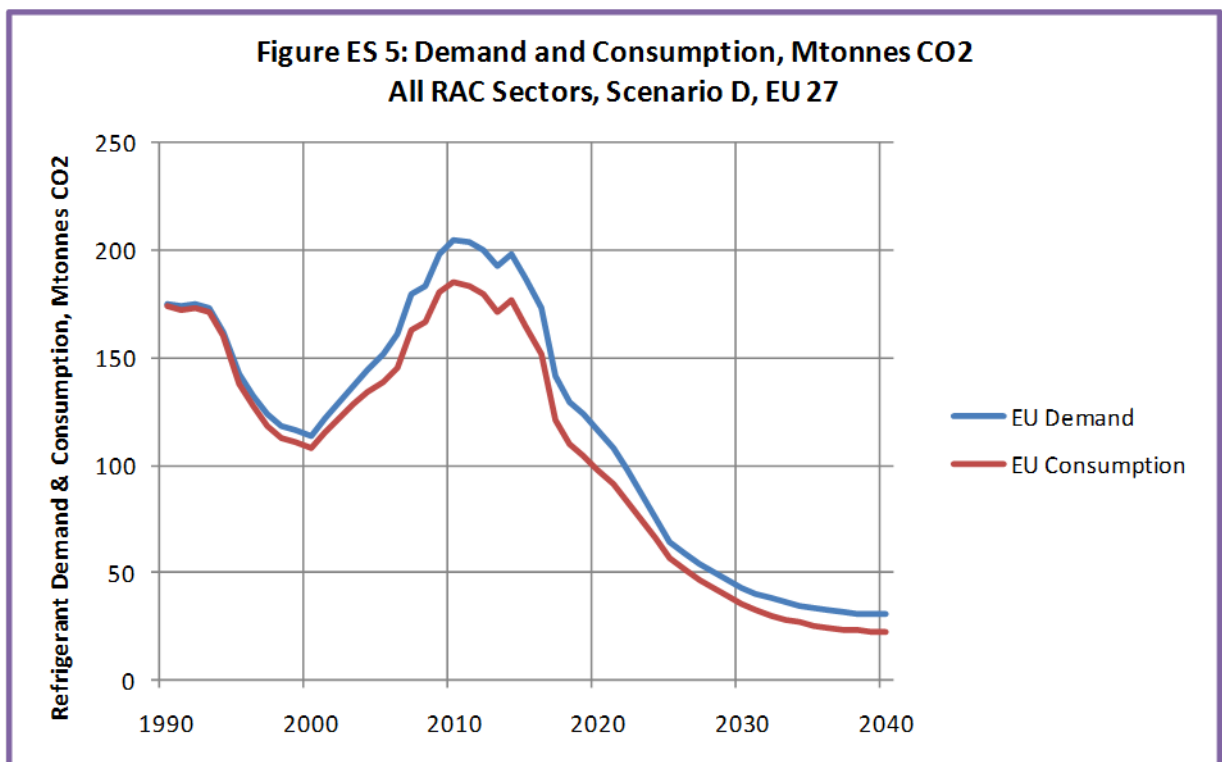
que l'utilisation du produit recyclé / récupéré soit autorisée dans le cadre du projet de réduction progressive.

### Consommation et demande

21. Il existe une différence entre la consommation européenne de réfrigérant (selon la définition du Protocole de Montréal, excluant les importations / exportations dans les équipements pré-remplis) et la demande européenne (qui inclut ces importations / exportations). Cette différence concerne principalement le marché des petites climatisations, pour lequel les importations pré-remplies représentent un volume significatif. La différence entre la consommation et la demande dans le Modèle SKM des réfrigérants est illustrée dans la Figure ES 5.

Remarque : la réutilisation de réfrigérant n'est pas comprise dans les définitions de la consommation ou de la demande, qui incluent uniquement l'utilisation de réfrigérant vierge.

Dans ce rapport, le mot « consommation » se réfère toujours à la définition du Protocole de Montréal et le mot « demande » signifie toujours « consommation + importations – exportations dans les équipements pré-remplis ».



### **Le besoin pour une réduction progressive anticipée de HFC 404A**

22. L'analyse montre l'importance relative du HFC 404A en termes de consommation et d'émissions. Le Modèle SKM des réfrigérants montre que le HFC 404A représenterait environ 50% des émissions directes au cours de la période entre 2015 et 2020, selon le Scénario A.
23. Des rapports récents, tels que l'Öko-Recherche 2011, l'Erie Armines 2011 et le TEAP 2012, ne relèvent pas l'opportunité considérable que représente une réduction progressive anticipée de HFC 404A – en effet, le TEAP 2012 fait référence à un seul groupe de réfrigérants à « PRG moyen / élevé », qui inclut le HFC 134a dans le même groupe que le HFC 404A, malgré un facteur 3 dans la différence entre leur PRG. Cela simplifie outre mesure la classification des réfrigérants et fournit peu d'indications aux décideurs politiques concernant les meilleures options disponibles pour la réduction progressive des HFC. Aucun de ces trois rapports ne fait clairement référence à l'usage anticipé d'autres réfrigérants à PRG moyen pour les nouveaux équipements à court terme, ou à la possibilité de ré-remplir des systèmes existants avec un réfrigérant alternatif.
24. Le fait d'éviter des réfrigérants à PRG très élevé offre deux avantages, en permettant de réduire les émissions directes de 50% à 70% (en supposant des taux de fuite identiques). Les politiques en matière de réduction progressive des HFC devraient aider les utilisateurs finaux à saisir cette opportunité. Les décideurs politiques doivent comprendre qu'à court terme, l'utilisation supplémentaire des HFC à PRG moyen sera bénéfique à l'environnement. Entre 2013 et 2018, l'utilisation du HFC 404A pourrait être réduite substantiellement grâce au recours à des alternatives à PRG moyen. Au cours de cette période, des réfrigérants à très faible PRG, tels que le CO<sub>2</sub>, pourraient également être utilisés, mais uniquement dans les nouveaux systèmes.
25. L'analyse montre qu'une réduction progressive anticipée du HFC 404A est essentielle pour atteindre une cible globale de réduction progressive de 30% d'ici 2020.

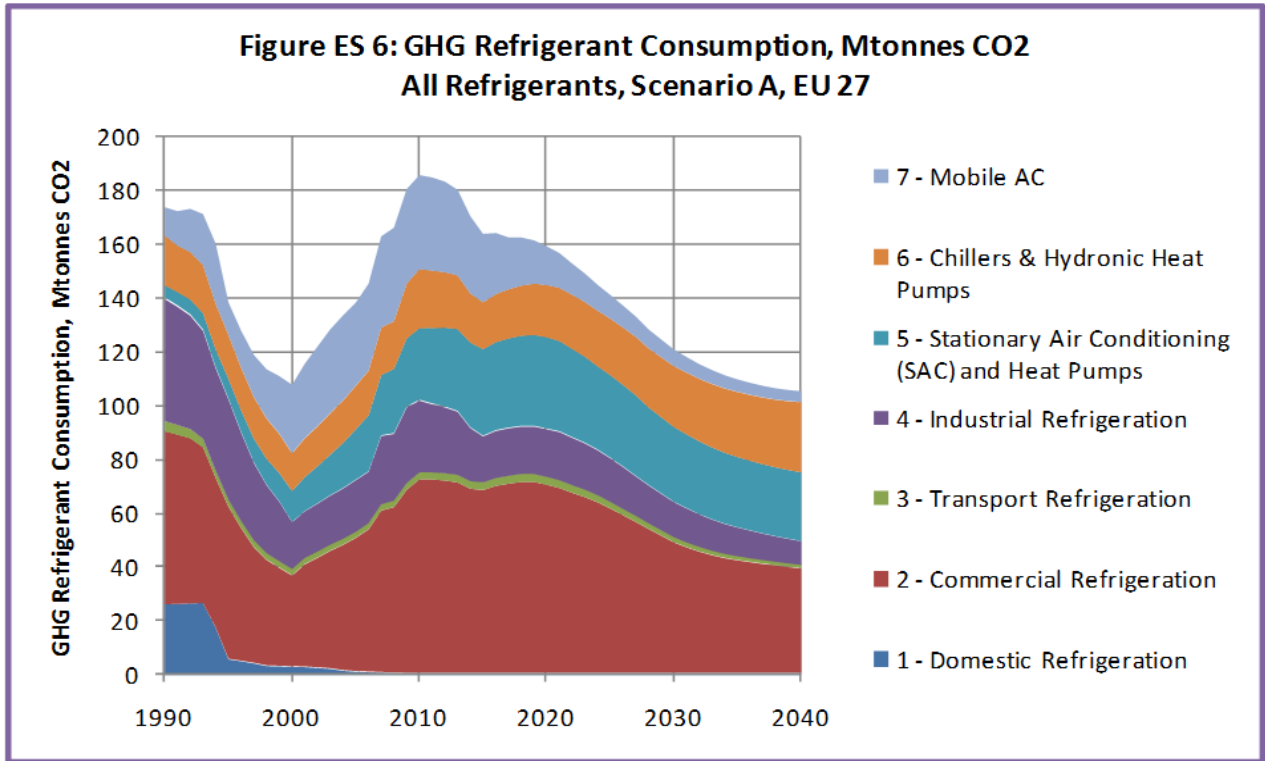
### **Utilisation de réfrigérants faiblement inflammables**

26. L'utilisation de réfrigérants faiblement inflammables pourrait constituer une stratégie importante pour atteindre des réductions considérables dans la consommation des HFC. Les réfrigérants tels que le HFC 32, les HFO et les mélanges de HFO permettent de viser des PRG faibles ou très faibles, tout en offrant de bonnes performances. Les barrières « institutionnelles » relatives aux Codes de Pratique et aux réglementations nationales en matière de sécurité pourraient néanmoins restreindre l'utilisation à court terme. Il est important pour l'industrie RAC d'améliorer la compréhension des risques liés aux réfrigérants faiblement inflammables, et pour les autorités concernées de mettre à jour les normes et les réglementations, afin d'encourager une utilisation plus généralisée.

### **Résultats pour les 7 principaux secteurs RAC**

27. La Figure ES 6 montre une tranche de consommation de réfrigérants, mesurée en termes de tonnes d'équivalent de CO<sub>2</sub>, entre les 7 principaux secteurs RAC. Cette figure montre que

le marché de la réfrigération commerciale est le plus important, représentant 40% de la consommation totale en 2010 et 46% en 2020. Les paragraphes ci-dessous fournissent un résumé des résultats clé pour chaque secteur de marché.



28. Le **secteur de la réfrigération domestique** représente seulement 0,2% de la consommation de réfrigérants en 2010. Ce chiffre est faible car (a) ce secteur utilise déjà largement des réfrigérants (HC) à très faible PRG, et (b) les taux de fuite sont très bas, et donc la consommation pour l'entretien est minime. En 1990, le secteur domestique représentait environ 15% de la consommation, en raison de l'utilisation de CFC 12, qui a un PRG très élevé. Le secteur domestique représente 10% de la consommation totale d'électricité en 2010. Cela illustre le fait que le secteur domestique est beaucoup plus grand que ce qu'indiquent les chiffres de la consommation de réfrigérants GES en 2010. On estime que 90% des nouveaux équipements dans ce secteur utilisent déjà des HC. Le reste utilise du HFC 134a. Le R134a utilisé dans les nouveaux équipements pourrait être remplacé par des HC ou par du HFO 1234yf avant 2020.

29. Le **secteur de la réfrigération commerciale** représente 40% de la consommation de réfrigérants GES en 2010. La majeure partie de cette consommation (85%) est utilisée pour des systèmes de réfrigération de grande taille dans les supermarchés, dont la plupart emploient du réfrigérant HFC 404A à PRG élevé. La consommation restante est divisée entre de petits systèmes hermétiques et des systèmes à une seule unité de condensation. Les taux de fuite étaient historiquement élevés dans le secteur commercial. Un certain nombre de technologies sont actuellement testées dans le secteur des supermarchés, et il est possible que des systèmes de réfrigération à base de CO2 soient largement utilisés à l'avenir. Les mélanges de HFO et les HC pourraient également jouer un rôle important dans le secteur commercial. On note également un bon potentiel pour le rétrofill des systèmes à

HFC 404A existants, avec du HFC 407A ou 407F. Ces alternatives ont un PRG environ deux fois moins élevé que le HFC 404A et peuvent également apporter une amélioration en termes d'efficacité énergétique.

30. Le **secteur du transport réfrigéré** représente 2% de la consommation de réfrigérants GES en 2010. Ce secteur inclut la réfrigération dans les fourgonnettes, les camions et les conteneurs. Un grand nombre de systèmes actuels utilisent le réfrigérant HFC 404A à PRG élevé. Peu d'alternatives ont été considérées dans ce secteur. A court terme, des réfrigérants à PRG moyen, tels que le HFC 407A ou le HFC 407F pourraient être utilisés à la place du HFC 404A. D'ici 2020, des mélanges de HFO pourraient constituer l'alternative la plus efficiente. Le CO2 pourrait également être appliqué à ce secteur.
31. Le **secteur de la réfrigération industrielle** représente 15% de la consommation de réfrigérants GES en 2010. Il s'agit d'un secteur complexe, avec de grandes exigences quant à la taille des systèmes et aux niveaux de température. Une quantité significative de HCFC 22 est encore utilisée – celle-ci doit être réduite progressivement d'ici fin 2014, dans le cadre du Règlement Ozone. L'ammoniaque est largement utilisée dans les systèmes de grande taille. Les HFC sont utilisés principalement dans les systèmes industriels relativement petits, entre 20 et 200 kW. Les systèmes HFC actuels emploient des quantités significatives de réfrigérant HFC 404A à PRG élevé. Diverses alternatives peuvent être adoptées. L'ammoniaque convient bien aux systèmes de grande taille, tandis que le CO2 pourrait jouer un rôle important à condition que la récupération de chaleur constitue un bénéfice secondaire utile. D'ici 2020, les mélanges de HFO pourraient apporter une alternative importante pour les systèmes de plus petite taille.
32. Le **secteur des climatisations fixes et des pompes à chaleur** représente 15% de la consommation de réfrigérants GES en 2010. Ce secteur à croissance rapide inclut divers types de systèmes air-air, y compris des unités de refroidissement seul, des unités réversibles (offrant une climatisation en été et une pompe à chaleur en hiver) et des pompes à chaleur pour le chauffage seul. Le réfrigérant actuellement choisi pour de nombreux systèmes est le HFC 410A, qui est un réfrigérant à PRG moyen (PRG 2088). Ce réfrigérant permet d'obtenir des niveaux d'efficacité énergétique élevés, avec des systèmes compacts (en raison de la petite taille des compresseurs). A court terme, il n'existe pas d'alternatives non-inflammables pouvant être utilisées à faible coût dans ce secteur. Si les réfrigérants faiblement inflammables pouvaient être utilisés, alors le HFC 32 serait une option disponible (PRG 675). D'ici 2020, un mélange de HFO faiblement inflammable et économique sera également disponible en grandes quantités. Le fort taux de croissance de ce marché va entraîner une augmentation de la consommation de HFC, jusqu'à l'introduction de réfrigérants alternatifs à PRG plus faible. Dans ce secteur, les pompes à chaleur vont largement contribuer à réduire les émissions de CO2 liées à l'énergie, en particulier avec la décarbonisation de l'approvisionnement en électricité.
33. Le **secteur des refroidisseurs (chillers) et des pompes à chaleur hydroniques** représente 9% de la consommation de réfrigérants GES en 2010. Ce secteur inclut divers types de systèmes hydroniques (à base d'eau), y compris les refroidisseurs à eau (« water



chillers »), les chillers réversibles (pour le refroidissement et le chauffage) et les pompes à chaleur pour le chauffage seul. Les taux de fuite sont bas, en comparaison avec de nombreux autres secteurs, étant donné que la plupart des équipements sont fabriqués à l'usine. Pour les systèmes de petite et moyenne taille, on note un bon potentiel pour l'utilisation d'alternatives faiblement inflammables, telles que le HFC 32 ou les mélanges de HFO. Pour les systèmes plus grands, le HFO 1234ze est testé actuellement comme alternative au HFC 134a, et l'ammoniac ou les HC sont également envisageables.

34. Le **secteur de la climatisation mobile** représente 20% de la consommation de réfrigérants GES en 2010. Ce secteur inclut la climatisation dans les voitures ainsi que la climatisation des véhicules plus grands, y compris les bus et les trains. La consommation et les émissions de ce secteur vont chuter rapidement après 2020, sachant que l'impact de la directive MAC commence à produire un effet optimal. La consommation dans les voitures aura chuté de 18 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> en 2010 à seulement 0,04 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> en 2030. La consommation dans les bus et les trains ne va pas chuter aussi rapidement, car il n'existe pas encore d'alternative économique. Un mélange de HFO non-inflammable approprié devrait être disponible d'ici 2020.

### Conclusions de l'étude

35. Les conclusions clé de cette étude sont les suivantes :

- a) Il est très difficile de faire des prévisions exactes sur une période de 20 à 30 ans, surtout que certains réfrigérants utilisés dans le futur ne sont pas encore disponibles dans le commerce, ou ne sont qu'au début de la phase de développement commercial.
- b) La prévention des fuites constitue une stratégie clé dans le cadre de la réduction progressive des HFC. Les fuites sont à l'origine de 60% de la demande de réfrigérants selon le scénario A. Le Règlement F-Gaz actuellement en vigueur devrait permettre de réduire considérablement les fuites. Des mesures supplémentaires dans le cadre du Règlement révisé, visant à optimiser la réduction des fuites, devraient favoriser la mise en place d'une réduction progressive généralisée des HFC.
- c) La réduction progressive de la consommation de HFC 404A peut entraîner des diminutions rapides et importantes. Il existe déjà des alternatives à ce réfrigérant à PRG élevé pour quasiment tous les nouveaux types d'équipements, et de nombreux systèmes existants peuvent être ré-remplis en utilisant des réfrigérants à PRG moyen.
- d) L'efficacité énergétique joue toujours un rôle majeur. En 2015, 80% de l'ensemble des émissions RAC proviendront de l'énergie, et 20% viendront des pertes directes de réfrigérant. La proportion d'émissions relatives à l'énergie va augmenter avec la mise en place de la réduction progressive des HFC. Les efforts pour l'amélioration de l'efficacité ne doivent pas être compromis par des contraintes inappropriées dans l'utilisation des réfrigérants.

- e) Les avantages énergétiques des pompes à chaleur sont potentiellement nettement supérieurs aux résultats d'une réduction progressive des HFC. En 2030, les réductions nettes d'émissions dues aux pompes à chaleur (en comparaison avec les chaudières à gaz) pourraient s'élever à plus de 150 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>, par rapport à une réduction d'environ 65 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> avec la réduction progressive des HFC. Pour optimiser cet avantage, il est essentiel d'avoir accès à un réfrigérant économique et énergétiquement efficace pour les pompes à chaleur.
- f) Les lignes de base dans les propositions de réduction progressive venant d'Amérique du Nord et d'Europe (RED) ne sont pas réalistes, puisqu'elles se basent sur les consommations de 2005 à 2008 et de 2004 à 2006. Elles ne tiennent pas compte de l'augmentation de la consommation depuis 2008, empêchant ainsi d'atteindre les étapes initiales d'une réduction progressive. Les lignes de base fixées pour la période de 2010 à 2012 fourniraient un meilleur point de départ pour un profil de réduction progressive.
- g) La consommation doit être réduite radicalement si l'on veut se rapprocher des propositions de réduction progressive venant d'Amérique du Nord. L'élimination rapide du HFC 404A (par l'utilisation à court terme de HFC à PRG moyen) ainsi que les initiatives pour diminuer les fuites constituent des stratégies importantes et économiques. L'utilisation de CO<sub>2</sub>, d'ammoniaque, de HC, de HFO et de mélanges de HFO dans les nouveaux équipements dans les marchés concernés offrira les meilleures réductions de HFC sur le long terme.
- h) Les profils de réduction progressive RED et RED 10 de l'UE sont trop coûteux à mettre en place. Les diminutions de départ sont trop radicales (à cause de lignes de base peu réalistes, ne reflétant pas la croissance du marché), et l'étape finale est également trop radicale (10% de la ligne de base, en comparaison avec 15% dans la proposition venant d'Amérique du Nord).
- i) Une disponibilité rapide et le développement commercial des mélanges de HFO pourraient avoir une influence importante dans certains secteurs de marché, en particulier les marchés de la climatisation et des pompes à chaleur, qui sont en plein essor.
- j) Des efforts pour l'élimination des barrières à l'utilisation de réfrigérants faiblement inflammables (par exemple les amendements des réglementations nationales en matière de protection contre les incendies, ou des codes de pratique en matière de sécurité) permettront d'introduire beaucoup plus rapidement des alternatives à faible PRG.
- k) La rentabilité moyenne des mesures de réduction progressive dans les secteurs RAC dans leur ensemble avoisine 15€ à 25€ par tonne économisée. Ces chiffres sont sensibles aux hypothèses d'entrée – des coûts de réduction compris entre 4€ et 43€ par tonne économisée sont possibles.

- l) La rentabilité moyenne des mesures de réduction progressive dans les secteurs non-RAC est meilleure, autour de 10€ par tonne économisée pour les aérosols, les mousses et la protection contre les incendies.
  
- m) Il est important de comprendre la distinction entre la consommation européenne (utilisation de produit livré en vrac dans l'UE) et la demande européenne (qui prend aussi en compte les réfrigérants dans les produits importés pré-remplis). Un processus de réduction progressive qui ne vise que la consommation pourrait permettre des importations illimitées d'équipements pré-remplis, contenant des gaz concernés par la réduction progressive – un tel « échappatoire » par rapport à la politique de réduction progressive doit être évité.