



**Inventaires des émissions des fluides frigorigènes et leurs prévisions d'évolution
jusqu'en 2022**

FRANCE – Année 2007

Document 3 - Projections à l'horizon 2022

Stéphanie BARRAULT, Sabine SABA, Denis CLODIC

**Marché ADEME 08 74 C 0149
Réf. ARMINES 92111**

Février 2010

DOCUMENT 3 – Projections à l'horizon 2022
Table des matières

<u>1.</u>	<u>METHODE ET RESULTATS GLOBAUX</u>	<u>1</u>
1.1	LES SCENARIOS DE PROJECTION A 15 ANS.....	1
1.2	DEMANDE TOTALE DES FLUIDES FRIGORIGENES	1
1.3	Banque des fluides frigorigènes	2
1.4	ÉMISSIONS DES FLUIDES FRIGORIGENES	3
1.5	ÉMISSIONS DES FLUIDES FRIGORIGENES EN EQUIVALENT CO ₂	4
1.6	RECUPERATION DES FLUIDES FRIGORIGENES	5
1.7	ANALYSE COMPARATIVE DES BESOINS ET DE LA DEMANDE EN HCFC SELON LES TROIS SCENARIOS..	5
<u>2.</u>	<u>LE FROID DOMESTIQUE.....</u>	<u>9</u>
2.1	HYPOTHESES DE PROJECTION	9
2.2	DEMANDE DE FLUIDES FRIGORIGENES.....	9
2.3	BANQUE.....	10
2.4	ÉMISSIONS DES FLUIDES FRIGORIGENES	11
2.5	ÉMISSIONS DES FLUIDES FRIGORIGENES EN EQUIVALENT CO ₂	11
2.6	RECUPERATION DES FLUIDES FRIGORIGENES	12
<u>3.</u>	<u>LE FROID COMMERCIAL</u>	<u>13</u>
3.1	HYPOTHESES DE PROJECTION	13
3.2	DEMANDE EN FLUIDES FRIGORIGENES.....	15
3.3	BANQUE.....	16
3.4	ÉMISSIONS DES FLUIDES FRIGORIGENES	17
3.5	ÉMISSIONS DES FLUIDES FRIGORIGENES EN EQUIVALENT CO ₂	17
3.6	RECUPERATION DES FLUIDES FRIGORIGENES	18
<u>4.</u>	<u>LES TRANSPORTS FRIGORIFIQUES</u>	<u>19</u>
4.1	HYPOTHESES DE PROJECTION	19
4.2	DEMANDE EN FLUIDES FRIGORIGENES.....	20
4.3	BANQUE.....	21
4.4	ÉMISSIONS DES FLUIDES FRIGORIGENES	21
4.5	ÉMISSIONS DES FLUIDES FRIGORIGENES EN EQUIVALENT CO ₂	22
4.6	RECUPERATION DES FLUIDES FRIGORIGENES	22
<u>5.</u>	<u>LE FROID INDUSTRIEL</u>	<u>23</u>
5.1	HYPOTHESES DE PROJECTION	23
5.2	DEMANDE DE FLUIDES FRIGORIGENES.....	27
5.3	BANQUE.....	27
5.4	ÉMISSIONS DES FLUIDES FRIGORIGENES	28
5.5	ÉMISSIONS DES FLUIDES FRIGORIGENES EN EQUIVALENT CO ₂	29
5.6	RECUPERATION DES FLUIDES FRIGORIGENES	29
<u>6.</u>	<u>GROUPES REFROIDISSEURS D'EAU (GRE)</u>	<u>31</u>
6.1	HYPOTHESES DE PROJECTION	31
6.2	DEMANDE EN FLUIDES FRIGORIGENES.....	32
6.3	BANQUE.....	33
6.4	ÉMISSIONS DES FLUIDES FRIGORIGENES	34

6.5	ÉMISSIONS DES FLUIDES FRIGORIGÈNES EN EQUIVALENT CO ₂	34
6.6	RECUPERATION DES FLUIDES FRIGORIGÈNES	35
7.	<u>LA CLIMATISATION FIXE.....</u>	37
7.1	INTRODUCTION	37
7.2	DEMANDE EN FLUIDES FRIGORIGÈNES.....	38
7.3	BANQUE.....	39
7.4	ÉMISSIONS DES FLUIDES FRIGORIGÈNES	39
7.5	ÉMISSIONS DES FLUIDES FRIGORIGÈNES EN EQUIVALENT CO ₂	40
7.6	RECUPERATION DES FLUIDES FRIGORIGÈNES	40
8.	<u>LES POMPES A CHALEUR RESIDENTIELLES</u>	43
8.1	HYPOTHESES DE PROJECTION	43
8.2	DEMANDE EN FLUIDES FRIGORIGÈNES.....	44
8.3	BANQUE.....	44
8.4	ÉMISSIONS DES FLUIDES FRIGORIGÈNES	45
8.5	ÉMISSIONS DES FLUIDES FRIGORIGÈNES EN EQUIVALENT CO ₂	45
8.6	RECUPERATION DES FLUIDES FRIGORIGÈNES	45
9.	<u>LA CLIMATISATION EMBARQUEE</u>	47
9.1	HYPOTHESES DE PROJECTION	47
9.2	DEMANDE EN FLUIDES FRIGORIGÈNES.....	48
9.3	BANQUE.....	49
9.4	ÉMISSIONS DES FLUIDES FRIGORIGÈNES	49
9.5	ÉMISSIONS DES FLUIDES FRIGORIGÈNES EN EQUIVALENT CO ₂	50
9.6	RECUPERATION DES FLUIDES FRIGORIGÈNES	51
	<u>REFERENCES</u>	52
	<u>ANNEXE 1.....</u>	53
	<u>OBLIGATIONS ESSENTIELLES DU REGLEMENT EUROPEEN 2037 / 2000 SUR LES</u>	
	<u>SUBSTANCES DETRUISANT L'OZONE</u>	53
	<u>ANNEXE 2.....</u>	55
	<u>REGLEMENT (CE) N° 842/2006 DU PARLEMENT EUROPEEN ET DU CONSEIL DU 17 MAI 2006</u>	
	<u>RELATIF A CERTAINS GAZ A EFFET DE SERRE FLUORES.....</u>	55
	<u>ANNEXE 3.....</u>	57
	<u>DIRECTIVE 2006/40/CE DU PARLEMENT EUROPEEN ET DU CONSEIL CONCERNANT LES</u>	
	<u>EMISSIONS PROVENANT DES SYSTEMES DE CLIMATISATION DES VEHICULES A MOTEUR</u>	
	<u>ET MODIFIANT LA DIRECTIVE 70/156/CEE DU CONSEIL</u>	57
	<u>ANNEXE 4.....</u>	59
	<u>DECRET N° 92-1271 DU 7 DECEMBRE 1992 RELATIF A CERTAINS FLUIDES FRIGORIGÈNES</u>	
	<u>UTILISES DANS LES EQUIPEMENTS FRIGORIFIQUES ET CLIMATIQUES.....</u>	59
	<u>DECRET 98-560 MODIFIANT LE DECRET 92-1271</u>	59
	<u>ANNEXE 5.....</u>	60
	<u>MARCHES D'EQUIPEMENTS DE CLIMATISATION A AIR UTILISES POUR LE CALCUL DES</u>	
	<u>PROJECTIONS A L'HORIZON 2021 DANS LES INVENTAIRES 2006</u>	60

1. METHODE ET RESULTATS GLOBAUX

1.1 Les scénarios de projection à 15 ans

Ce document présente les résultats des calculs de projection à l'horizon 2022 selon trois scénarios de projections. Ces scénarios sont définis par les mesures réglementaires existantes ou en préparation, mais aussi suivant les tendances technologiques ou environnementales actuellement observées (développement des fluides à faible GWP, par exemple). Les calculs ont été réalisés avec une durée de vie constante, en attendant que les premières allures des courbes de durée de vie proposées dans le document 2 et utilisées pour le calcul des inventaires 2007 soient affinées par secteur.

Les grands traits des scénarios ont peu évolué depuis les précédents inventaires : certains résultats connus sur 2006-2008 peuvent cependant permettre de poser des hypothèses plus optimistes dans certains secteurs (par exemple, avec les premiers résultats positifs de la filière de récupération du froid domestique en 2007). Par contre, les hypothèses de conversions d'installations aux HCFC ont tendance à être retardées, étant donnée la situation observée en 2007-2008, notamment dans le secteur du froid industriel. Par ailleurs, les données des marchés d'équipements disponibles pour les années 2006 et 2007, voire 2008, ont un impact sur les évolutions de marchés et productions jusque là envisagées et les résultats des précédents inventaires.

Les résultats sont évalués cette année jusqu'en 2022 mais les enjeux des années de 2010 et 2015 seront à nouveau mis en évidence de façon à évaluer la banque résiduelle de HCFC en 2015, ainsi que les besoins pour la maintenance entre 2010 et 2015. Le calcul permettra de vérifier si la récupération estimée des HCFC dans les installations anciennes peut globalement alimenter le marché de la maintenance des systèmes encore opérationnels et fonctionnant avec des HCFC après 2010, une fois les hypothèses mises à jour. Les résultats seront analysés par secteur.

Scénario 1 : pratiques habituelles et sans mesure (PH)

Ce premier scénario constitue la ligne de référence des émissions de fluides frigorigènes si aucune mesure n'avait été prise depuis 2000. Les pratiques sont celles typiquement observées entre 1995 et 2000. Les taux d'émissions des installations restent constants, aucun effort de confinement n'est réalisé. Toutefois, il est considéré pour ce scénario des pratiques habituelles que la réglementation sur les fluides est respectée, en particulier le planning d'élimination des HCFC (2037/2000).

Scénario 2 : mesures actuelles ou application des mesures (AM)

Un certain nombre de mesures ont été prises depuis l'année 2000, visant à réduire les émissions de fluides frigorigènes. Les efforts menés ont un impact mesurable. Ce second scénario est une projection des mesures actuellement en vigueur (Règlement CE N° 842/2006) et des améliorations technologiques existantes. C'est en fait le scénario des pratiques actuelles, qui ont été améliorées par rapport à ce qui se faisait sept ans auparavant (cf. scénario sans mesure). Les mesures actuelles sont résumées :

- amélioration de la récupération en fin de vie
- contrôles d'étanchéité périodiques sur les installations frigorifiques
- création de structures adaptées pour la récupération en fin de vie dans les secteurs où elles n'existent pas
- normalisation de l'étanchéité des composants des circuits frigorifiques
- certification des entreprises intervenant et achetant des fluides frigorigènes
- qualifications suffisantes des personnels
- normalisation des détecteurs de fuites, et contrôle annuel de leur sensibilité
- interventions avec des matériels adaptés et qualifiés (pompes à vide, machines de transfert, etc...).

Scénario 3 : incitations supplémentaires (IS)

Ce dernier scénario propose des mesures complémentaires qui doivent permettre de réduire encore plus le niveau d'émissions en équivalent CO₂ des fluides frigorigènes. Certaines mesures sont déjà présentes dans la réglementation actuelle, tracées par le scénario 2, mais il est considéré dans ce troisième scénario une application plus rigoureuse de ces mesures, avec notamment un renforcement des contrôles.

Les mesures additionnelles portent sur des incitations économiques pour la récupération du fluide :

- rachat des CFC et HCFC en fin de vie
- détaxe du fluide neuf acheté en contrepartie du fluide récupéré.

L'usage des fluides à faible GWP est encouragé, à la fois sur les installations neuves et en conversion d'installations existantes :

- incitation fiscale pour l'utilisation de fluides à faible GWP
- étude technico-économique préalable permettant de mettre en concurrence les systèmes direct et indirect.

Aussi, les hypothèses du scénario 3 font apparaître, dans la plupart des secteurs, l'introduction d'un nouveau fluide frigorigène à faible GWP sur les marchés neufs des équipements, en général à partir de 2012.

Le règlement 842/2006, impose un contrôle périodique de l'étanchéité, plus ou moins fréquent selon la charge des installations, la qualification des personnels manipulant les fluides frigorigènes et un outillage adapté pour la récupération des fluides frigorigènes. L'application stricte de la réglementation est la garantie d'un meilleur suivi des installations et de prévention des émissions de fluides frigorigènes :

- carnet de suivi de toutes les interventions, des causes possibles d'émissions, des quantités de fluides rechargées dans un carnet de maintenance
- méthode de diagnostic automatisé
- suivi annuel de la consommation de fluide par les factures
- collecte annuelle de ces informations pour analyse et organiser une maintenance préventive.

En résumé

Dans le scénario 1 (PH), les hypothèses représentent la situation telle qu'elle était il y a une dizaine d'années, avant que des mesures ne soient prises pour réduire les émissions de fluides frigorigènes et favoriser sa récupération.

Le scénario 2 (MA) est un scénario plus réaliste qui prend en considération toutes les mesures et réglementations connues actuellement.

Dans le scénario 3 (IS), un effort supplémentaire est fait pour privilégier l'utilisation de fluides frigorigènes à plus faible GWP, réduire les charges et améliorer encore la récupération des anciens fluides.

1.2 Demande totale des fluides frigorigènes

La demande de fluides frigorigènes est le cumul de

- la demande pour le marché neuf, y compris les exportations de fluides dans les équipements produits en France,
- la demande pour la recharge des installations existantes
- la demande pour la conversion des installations existantes (rétrofit).

Les figures 1.1 représentent l'évolution de ces demandes cumulées de 2000 à 2022, pour les trois scénarios.

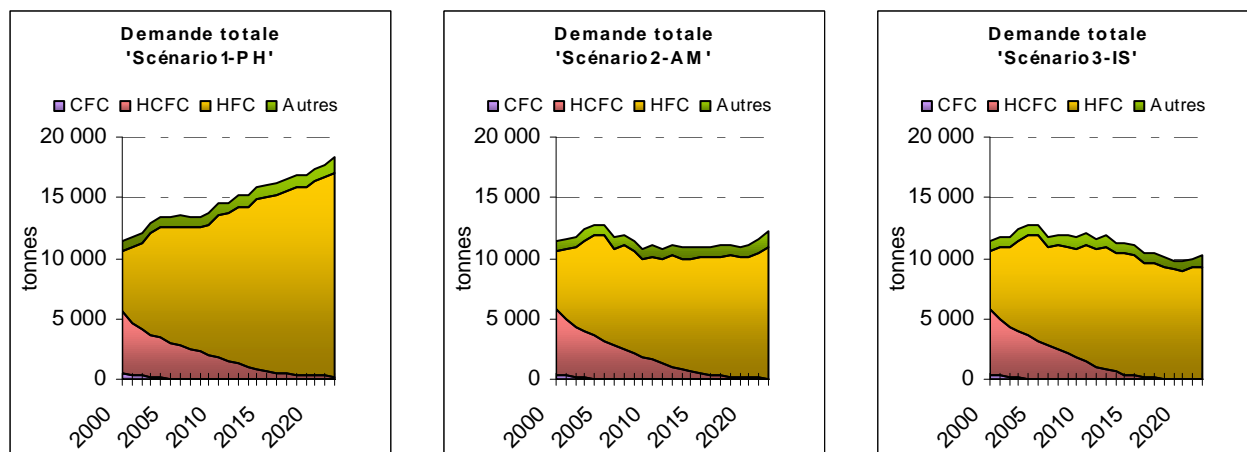


Figure 1.1 - Projections de la demande totale des fluides frigorigènes

Si aucune mesure n'avait été prise, le marché des fluides frigorigènes n'aurait connu aucune rupture de croissance entre 2000 et 2022. Il atteindrait 18 300 tonnes en 2022, alors que cette année, le marché 2007 est estimé à 11 600 tonnes.

Dans le scénario 2, traçant l'impact des mesures actuelles, le marché des fluides oscille mais reste compris entre 11 000 et 12 000 tonnes par an, malgré la croissance prévisible de la banque de fluides.

Dans le scénario le plus optimiste, le marché de fluides pourrait être de l'ordre de 10 200 tonnes en 2022, grâce à des niveaux d'émissions fugitives encore plus faibles et surtout une baisse progressive de la charge des installations neuves. Les détails seront précisés par la suite secteur par secteur.

En application de la réglementation, la demande de HCFC à partir de 2015 ne pourra plus être assurée. Toute recharge de HCFC est interdite à partir de cette date conformément à la réglementation 2037/2000. Le tableau 1.1 met en évidence les besoins en fluides, par famille de fluides, en 2015, pour les 3 scénarios.

Tableau 1.1 – Demande de fluides frigorigènes pour l'année 2015 pour chaque scénario

Année 2015	HCFC	HFC	Autres
Scénario 1 - PH	651	14 415	986
Scénario 2 - AM	449	9 568	920
Scénario 3 - IS	266	9 932	813

Les résultats concernant la demande en HCFC sont assez stables par rapport au dernier rapport d'inventaires.

Les résultats des projections montrent que cette demande de HCFC aurait été de près de 650 tonnes en 2015 si aucune mesure n'avait été prise et sans aucune anticipation de conversions d'installations (cf. Scénario1 - PH).

Dans le Scénario2 – AM, plus réaliste et traçant les mesures actuelles, les conversions des installations anciennes aux HCFC sont envisagées à partir de 2010. La demande en HCFC s'élève alors à 450 tonnes en 2015 et permet tout de même une réduction de 30 % de la demande en HCFC par rapport au scénario de référence.

Dans le scénario 3, le résultat est plus favorable : la demande de HCFC est ramenée à 265 tonnes en 2015 (et inférieure à 60 t à partir de 2018) grâce notamment aux rétrofits d'installations commencés progressivement à partir de 2008.

Les secteurs représentant les parts les plus importantes de la demande en fluides frigorigènes en 2022 restent la climatisation automobile (20 %), le froid industriel (21 %) et les groupes refroidisseurs d'eau associé à la climatisation à air et aux PAC, porte le niveau de la climatisation fixe à 41 % du marché total.

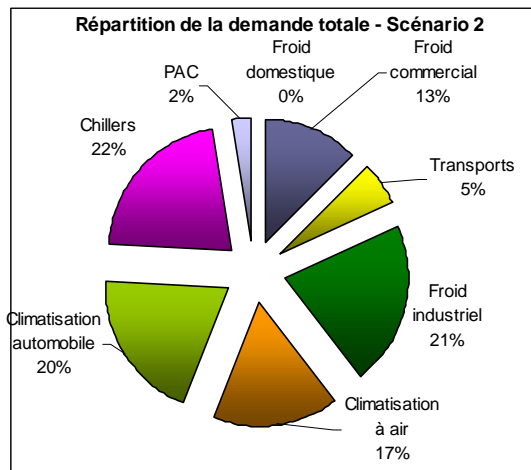


Figure 1.2 - Répartition sectorielle de la demande des fluides frigorigènes

1.3 Banque des fluides frigorigènes

La banque de fluides frigorigènes en France est en croissance, poussée par le marché de la climatisation, fixe et automobile. Elle passe, selon le scénario 2, de 44 000 tonnes en 2000 à plus de 79 000 tonnes en 2022.

Dans le scénario 3, les mesures d'incitations pour la réduction des charges dans les équipements neufs, tendent à rendre l'allure de la banque de fluides asymptotique autour de 74 500 tonnes en 2022.

Tableau 1.2 – Banque de fluides frigorigènes pour l'année 2022 pour chaque scénario

Année 2022	HCFC	HFC	Autres
Scénario 1 - PH	1 334	88 431	6 008
Scénario 2 - AM	495	69 996	8 282
Scénario 3 - IS	1	66 634	7 913

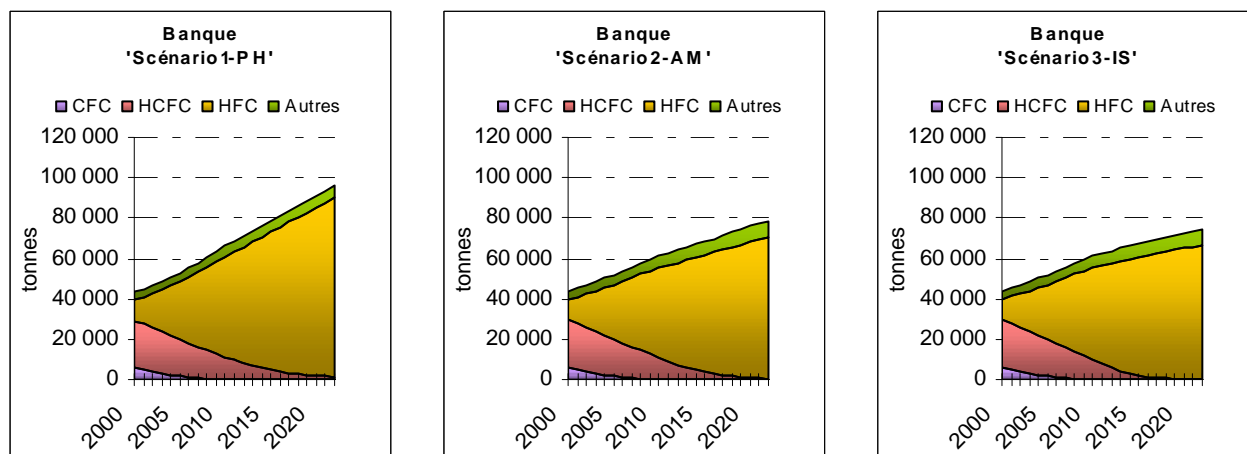


Figure 1.3 - Projections de la banque des fluides frigorigènes

Sans aucune mesure prise et aucune politique de conversion des installations chargées aux HCFC (scénario 1), la banque de HCFC, principalement composée de R-22, serait encore de 4 800 tonnes en 2015, posant un réel problème quant au respect de la réglementation.

Dans le scénario des mesures actuelles, qui, dès 2008, prend en compte un planning de conversion des installations sur des périodes variables de 8 à 25 ans selon la nature des installations, la projection en 2015 aboutit à une banque de HCFC encore substantielle, de près de 3 500 tonnes, et qui se réduit à 500 tonnes en 2022.

Le scénario 3 présente une banque de HCFC de 1 tonne en 2022. Il permet également de limiter plus significativement la croissance de la banque de HFC qui devient de l'ordre de 66 000 tonnes en 2022.

Le marché des systèmes de conditionnement d'air étant en pleine expansion, la banque de fluides frigorigènes associée (PAC, groupes refroidisseurs d'air, climatisation à air) représente 50 % de la banque totale en 2022. Les corrections apportées aux projections d'équipements se compensent globalement et la situation est proche de celle observée lors des projections 2021 des inventaires 2006. La part des PAC de 15 % est, elle, plus élevée et liée à la progression des PAC de type air/sol et sol/sol qui est cependant à confirmer (tout comme l'évolution des charges).

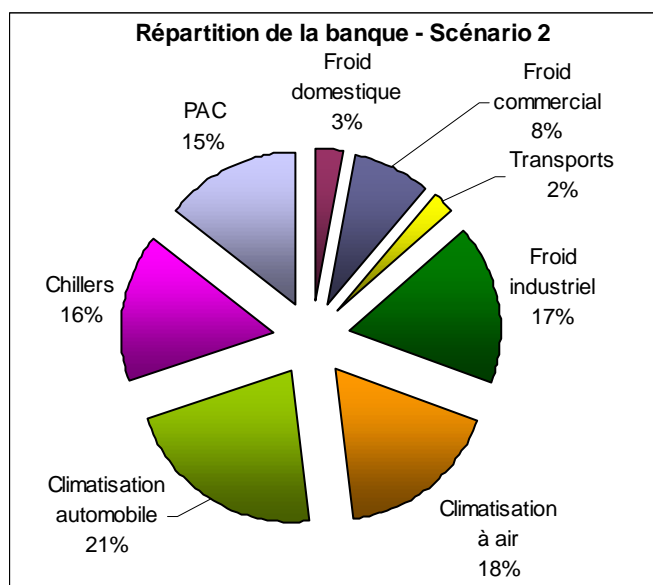


Figure 1.4 - Répartition sectorielle de la banque des fluides frigorigènes

Malgré la réduction des charges, la part de la climatisation mobile reste élevée, de l'ordre de 20 %. La prise en compte du renouvellement plus fréquent des installations de froid commercial et la réduction de la charge linéaire à 0,2 kg/m² dans le scénario 2 conduisent à réduire la part de la banque du froid commercial à seulement 8 % de la banque totale en 2022.

1.4 Émissions des fluides frigorigènes

La totalité des émissions est considérée ici : fugitives, lors de la maintenance et en fin de vie des équipements. Le scénario 1 est la référence des pratiques habituelles telles que connues à la fin des années 90. Les projections d'émissions, selon ce scénario, ne prennent pas en compte les mesures qui ont été prises depuis. Le niveau des émissions de fluides frigorigènes est alors en croissance continue, de 7 800 tonnes en 2000 à 15 000 tonnes en 2022.

Le scénario 2 considère l'application des mesures actuelles et suppose une amélioration des pratiques en matière de récupération des fluides en fin de vie qui aboutit à une hausse beaucoup plus modérée des émissions à l'horizon 2022. En effet, entre 2010 et 2022, le niveau des émissions annuelles reste inférieur ou égal à 8 000 tonnes.

Dans le scénario le plus optimiste (scénario 3), le niveau d'émission des fluides frigorigènes pourrait même redescendre à 6 700 tonnes, soit au niveau de 1992.

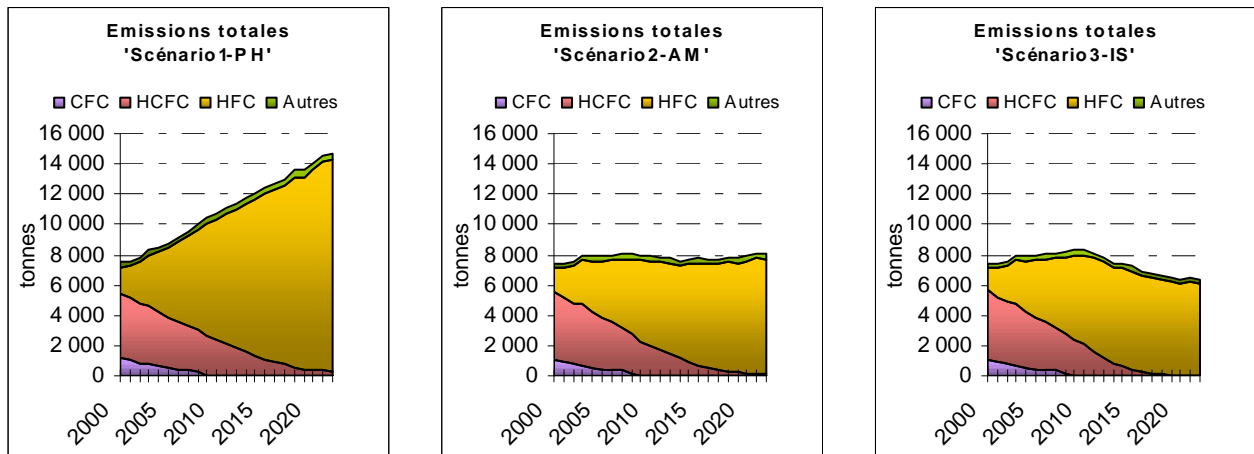


Figure 1.5 - Projections des émissions de fluides frigorigènes

En 2022, le secteur de la climatisation mobile reste le secteur le plus émetteur de fluides frigorigènes, avec 25 % des émissions. La croissance de la banque du secteur de la climatisation à air explique l'augmentation de la part que représente ce secteur dans les émissions totales, soit 18 % en 2022. Le froid industriel quant à lui représente 21 % des émissions totales.

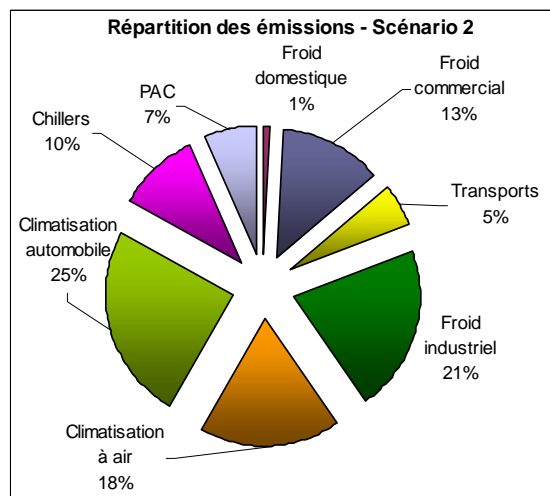


Figure 1.6 - Répartition sectorielle des émissions de fluides frigorigènes en 2022

1.5 Émissions des fluides frigorigènes en équivalent CO₂

La tendance observée sur les chiffres des émissions de fluides frigorigènes est accentuée lorsque ces émissions sont traduites en équivalent CO₂ (figure 1.7).

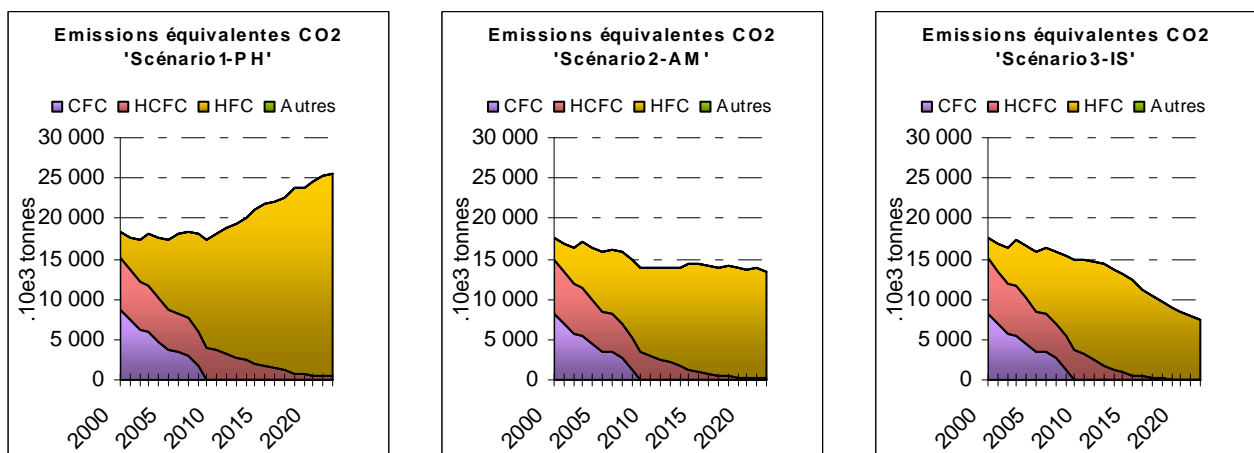


Figure 1.7 - Projections des émissions des fluides frigorigènes en équivalent CO₂

Sans aucune mesure (scénario 1), le niveau d'émissions se situerait aux alentours de 25 millions de tonnes équivalent CO₂. L'application des mesures actuelles devrait permettre

de stabiliser le niveau d'émission aux environs de 13 millions de tonnes équivalent CO₂, soit un gain de près de 50 %. Dans le scénario 3, les mesures incitatives pour utiliser des HFC à plus faible GWP montrent un effet dès 2008-2010 avec l'amorçage de la diminution des émissions en équivalent CO₂ pour atteindre, en 2022 le niveau de 7,4 millions de tonnes.

Malgré les progrès observés dans son positionnement au niveau des émissions totales, le froid commercial reste pénalisé par le fort GWP du R-404A. Il est encore responsable de 26 % des émissions en équivalent CO₂ en 2022, au premier rang devant la climatisation à air et le froid industriel.

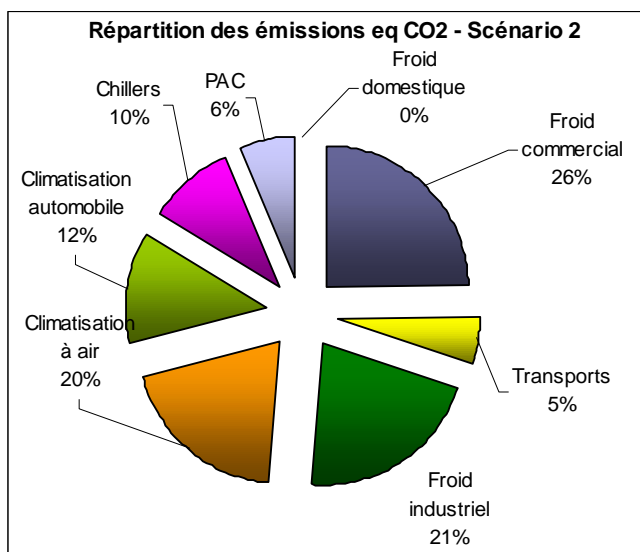


Figure 1.8 – Répartition sectorielle des émissions en équivalent CO₂ en 2022

1.6 Récupération des fluides frigorigènes

La récupération des fluides frigorigènes de type HCFC, représente un enjeu important pour la maintenance des installations au cours de la période de 2010 à 2015, après l'arrêt de leur production. La demande de fluides pour la maintenance doit pouvoir être assurée, pendant cette période, par la régénération ou le recyclage des HCFC récupérés. Il convient de souligner que les quantités présentées figure 1.9 sont les quantités récupérées et non les quantités réutilisables : parmi elles, une partie seulement pourra être recyclée pour être ré-utilisée.

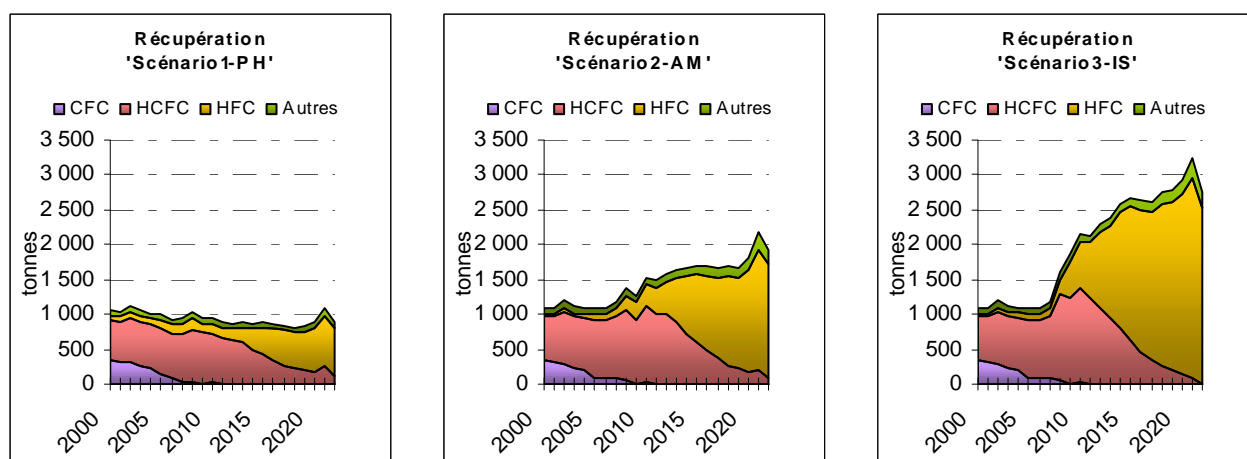


Figure 1.9 - Projections de la récupération des fluides frigorigènes

1.7 Analyse comparative des besoins et de la demande en HCFC selon les trois scénarios.

L'analyse comparative des quantités récupérées et de la demande de HCFC pour la maintenance des installations doit prendre en compte la récente parution du règlement 1005-2009 [CE09] qui remplace le 2037-2000 et modifie la réglementation concernant l'utilisation des quantités récupérées. En effet, à partir du 01/01/2010, les quantités récupérées ne

pourront ni être cédées ni vendues et devront être rechargées, après recyclage, dans un équipement appartenant au même propriétaire que celui dont a été extrait le fluide récupéré. Les précédents résultats de projections des inventaires 2006 tenaient compte d'un transfert de fluide frigorigène possible entre les différents secteurs d'équipements afin de satisfaire le besoin des secteurs les plus demandeurs, ce qui n'est plus possible avec la nouvelle réglementation. Des transferts entre entreprises d'un même groupe pourront cependant avoir lieu. Il est donc important de comparer les quantités potentiellement utilisables pour alimenter le besoin pour la maintenance *par secteur* et de tenir compte du fait que les transferts entre secteurs d'application devraient être très rares.

Dans le scénario 2, le plus réaliste, la demande de fluide pour la période de 2010 à 2015 est très largement concentrée vers les secteurs de l'industrie et des groupes refroidisseurs d'eau (figure 1.11). Ce sont des secteurs où le retrofit des installations est plus difficile à réaliser et pour lesquels l'interdiction d'utilisation du R-22 à partir de 2015 va poser le plus de problèmes.

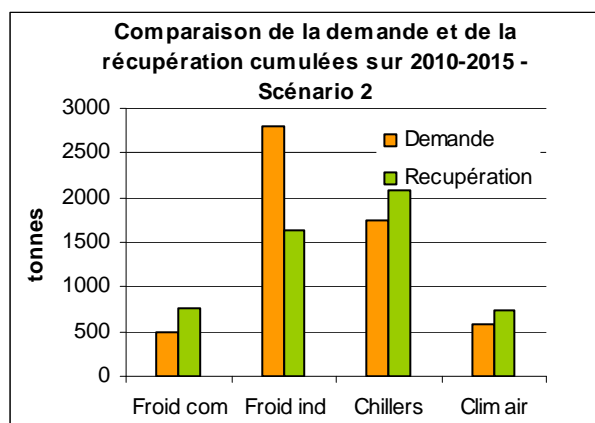


Figure 1.10 - Scénario 2, tonnages cumulés entre 2010 et 2015 pour la demande et la récupération de HCFC

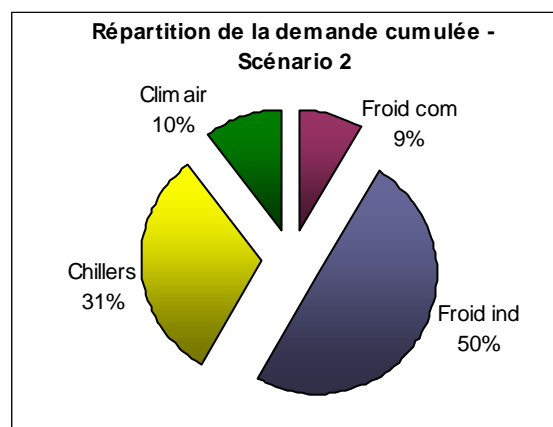


Figure 1.11 - Scénario 2, répartition sectorielle de la demande HCFC cumulée entre 2010 et 2015

La figure 1.10 montre, sur la période de 2010 à 2015, l'écart entre la demande cumulée pour la maintenance et les quantités totales récupérées par secteur. Dans le cas du froid commercial, de la climatisation à air et des GRE, les quantités récupérées sont supérieures à la demande de 57, 26 et 19 %, respectivement. Cela s'explique par le fait qu'un grand nombre d'installations arrivent en fin de vie pendant la période de 2010 à 2015, générant ainsi un volume de fluides frigorigènes récupérables pour les installations existantes. Il s'agit ici des quantités récupérées et non des quantités recyclables. Il peut cependant être estimé que, globalement, pour ces secteurs, la maintenance des installations devrait pouvoir être assurée dans une bonne partie des cas. Cependant, certaines installations, notamment celles des petites entreprises ayant peu d'équipements et ne pouvant bénéficier du fluide recyclé d'une autre installation, pourraient être en difficulté.

Dans le cas du froid industriel, l'estimation du cumul des quantités récupérées est inférieure de 41 % à la demande pour la maintenance des installations. Ce secteur, dans le cas du scénario le plus réaliste, sera en difficulté dès 2010.

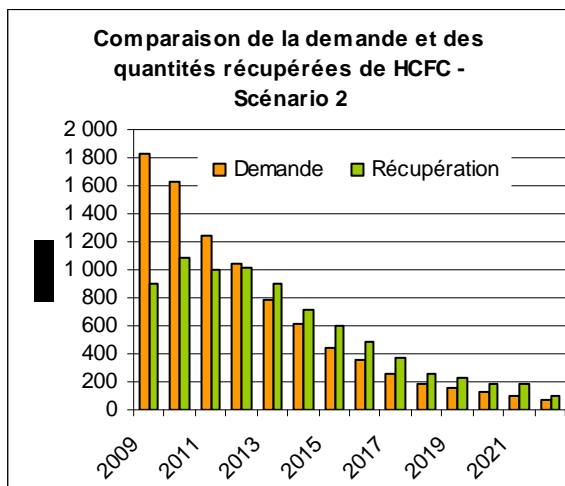


Figure 1.12 – Récupération et demande en HCFC entre 2009 et 2022 pour le scénario 2

Comme le montre la figure 1.12, globalement, sur l'ensemble des secteurs, l'écart entre les quantités récupérées et le besoin en HCFC pour la maintenance des installations est, de toute façon, très significatif sur les années 2010 et 2011. Il devrait être difficile à compenser, en particulier pour les secteurs les plus demandeurs et pourrait conduire à l'accélération des fins de vie de certains équipements. Un stockage préventif des utilisateurs au cours des années précédant l'arrêt de production (2008, 2009) pourrait améliorer la situation.

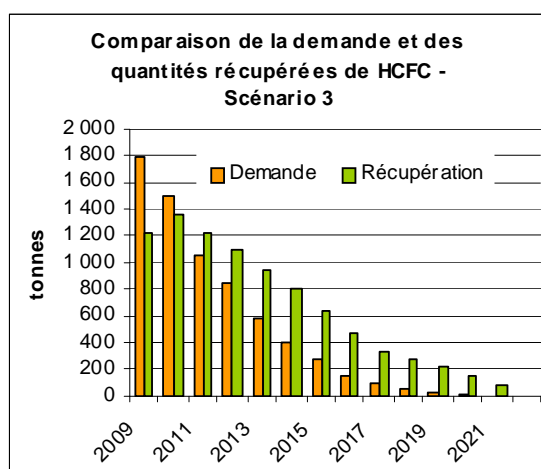


Figure 1.13 – Récupération et demande en HCFC entre 2009 et 2022 pour le scénario 3

Dans le scénario 3, les quantités récupérées sont nettement supérieures à la demande dès 2011 (figure 1.12).

Il convient de souligner que ce scénario prévoit notamment des conversions d'installations dès 2008, aussi bien en froid commercial qu'en froid industriel.

Pour le scénario 3, les quantités récupérées par secteur sont également nettement supérieures aux niveaux des demandes, sauf pour le froid industriel. La figure 1.14 montre, sur la période 2010 à 2015, que les quantités totales récupérées par secteur sont supérieures de 38, 75 et 123 % pour les GRE, le froid commercial et la climatisation à air, respectivement. De ce fait, bien que la réglementation ait évolué, la majorité des équipements devrait pouvoir être maintenu dès 2010.

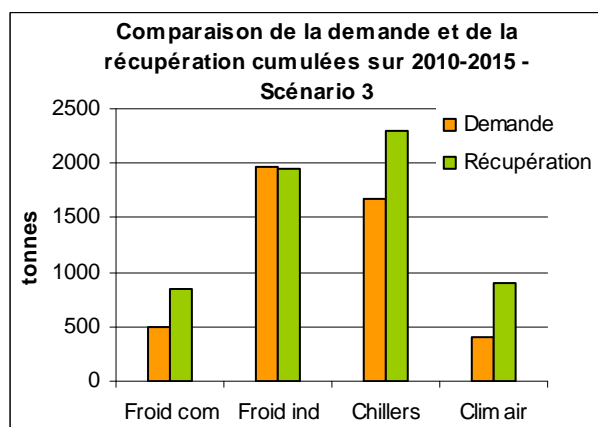


Figure 1.14 - Scénario 3, tonnages cumulés entre 2010 et 2015 pour la demande et la récupération de HCFC

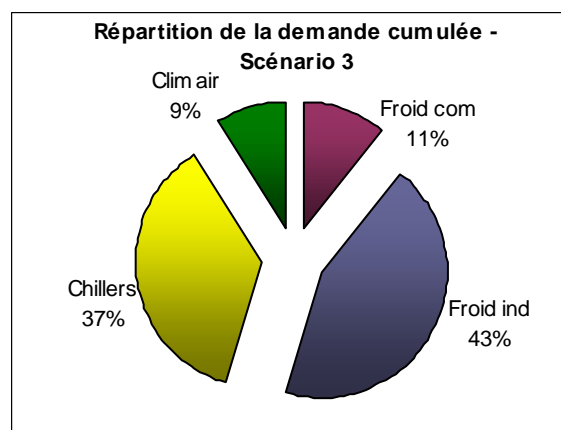


Figure 1.15 - Scénario 3, répartition sectorielle de la demande HCFC cumulée entre 2010-2015

Dans le scénario 3, le plus optimiste, la demande de HCFC est également dominée par le secteur du froid industriel dont les installations sont caractérisées par une longue durée de vie (30 ans), des charges élevées et pour lesquelles la reconversion est peu anticipée. Dans ce secteur, l'estimation des quantités récupérées et de la demande pour la maintenance sont équivalentes, ce qui implique nécessairement que certaines entreprises soient en difficulté étant donné que toutes les quantités récupérées ne seront pas réutilisables et que les transferts entre installations sont désormais limités par la réglementation.

Quel que soit le scénario, il faut souligner que les installations de froid basse température en froid industriel ou les groupes refroidisseurs d'eau (souvent à vis avec du R-22) de grande puissance sont des installations à coût unitaire élevé. Les propriétaires des installations cherchent donc usuellement à prolonger la vie de tels équipements. Si les évaporateurs sont de type noyé ou si les évaporateurs multiples sont alimentés par pompe à partir d'un réservoir basse pression, il n'existe pas de solution simple de fluide frigorigène « drop-in » qui ait les caractéristiques du R-22. Il est vraisemblable que des stocks seront effectués pour assurer le fonctionnement de ces systèmes. C'est d'ailleurs ce que prévoit le scénario 2.

2. LE FROID DOMESTIQUE

2.1 Hypothèses de projection

La récupération en fin de vie sur les réfrigérateurs et congélateurs est obligatoire dans le cadre de la réglementation DEEE. Depuis le 15 novembre 2006, la filière nationale comportant quatre éco-organismes s'est mise en place. Les premiers résultats de la filière sont très positifs puisque l'efficacité de récupération est estimée à 15 % en 2007. Les hypothèses des scénarios en tiennent compte.

Les hypothèses de calcul pour les projections sont présentées aux tableaux 2.1 et 2.2.

Tableau 2.1 - Hypothèses pour les projections

	Scénario 1 "Pratiques habituelles"	Scénario 2 "Application des mesures"	Scénario 3 "Incitations supplémentaires"
Efficacité de récupération en fin de vie (%) en 2022	2	60	80

Le R-600a est déjà très présent sur le marché neuf en 2007. Peu d'écarts sont donc observés entre les hypothèses 2022 des deux scénarios. Dans le scénario 3, il est considéré que la totalité du marché utilise l'isobutane.

Tableau 2.2 – Hypothèses sur l'évolution des fluides frigorigènes pour les projections

	Scénario 1 "Pratiques habituelles"	Scénario 2 "Application des mesures"	Scénario 3 "Incitations supplémentaires"
Marché de fluides pour les réfrigérateurs neufs en 2022	40 % de R-600a	98 % de R-600a	100 % de R-600a
Marché de fluides pour les congélateurs neufs en 2022	40 % de R-600a	98 % de R-600a	100 % de R-600a
Retrofit	Pas de retrofit	Pas de retrofit	Pas de retrofit

Les projections des marchés d'équipements tiennent compte d'une progression de 1 % pour les réfrigérateurs et pour les congélateurs

2.2 Demande de fluides frigorigènes

La demande de fluides frigorigènes en froid domestique est très faible. Les opérations de recharge sont très marginales et le volume de fluide frigorigène vendu pour ces réparations est estimé à une centaine de kg par an pour un parc de 36 millions d'appareils.

Le marché de fluide pour les équipements neufs est nul en 2022, la production en France s'étant arrêtée fin 2005.

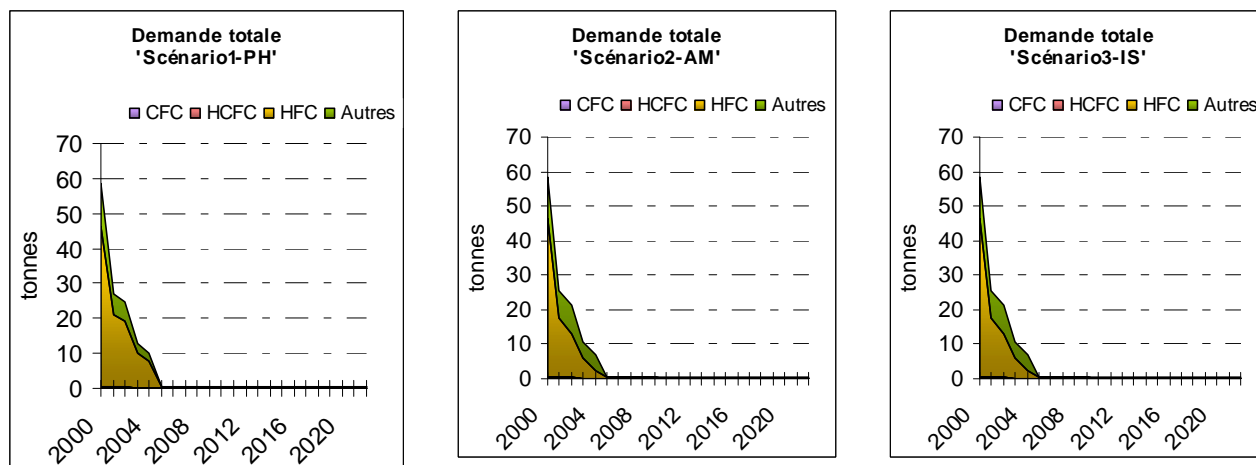


Figure 2.1 - Projections de la demande des fluides frigorigènes (en tonnes de fluides frigorigènes)

Tableau 2.3 – Demande de fluides frigorigènes à l'horizon 2022

Année 2022	HCFC(t)	HFC(t)	Autres(t)
Scénario 1 - PH	0,0	0,4	0,1
Scénario 2 - AM	0,0	0,0	0,3
Scénario 3 - IS	0,0	0,0	0,3

2.3 Banque

L'évolution de la banque de fluides frigorigènes dans le secteur du froid domestique est liée à l'évolution des fluides frigorigènes utilisés. Dans scénario 2, la diminution de la banque de fluide de près de 5 000 tonnes en 2000 à 2 700 tonnes en 2015 n'est pas représentative du marché des équipements. C'est la généralisation des réfrigérateurs au R-600a sur le parc qui provoque une diminution de la banque de fluides. En effet, la charge unitaire d'un appareil au R-600a est deux fois moindre comparativement au R-134a.

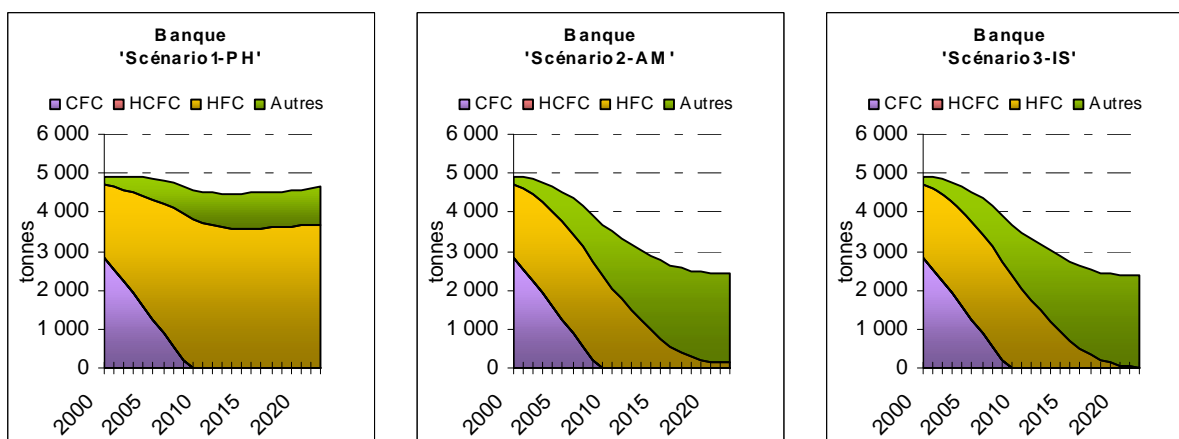


Figure 2.3 - Projections de la banque de fluides (en tonnes de fluides frigorigènes)

Tableau 2.4 – Banque de fluides frigorigènes à l'horizon 2022

Année 2022	HCFC(t)	HFC(t)	Autres(t)
Scénario 1 - PH	0,0	3 693,2	948,5
Scénario 2 - AM	0,0	126,0	2 322,7
Scénario 3 - IS	0,0	21,4	2 362,9

Les hypothèses de durée de vie des équipements conduisent à une banque de CFC supposée nulle après 2008.

2.4 Émissions des fluides frigorigènes

Les émissions de fluides frigorigènes dans le secteur du froid domestique sont essentiellement dues aux émissions en fin de vie.

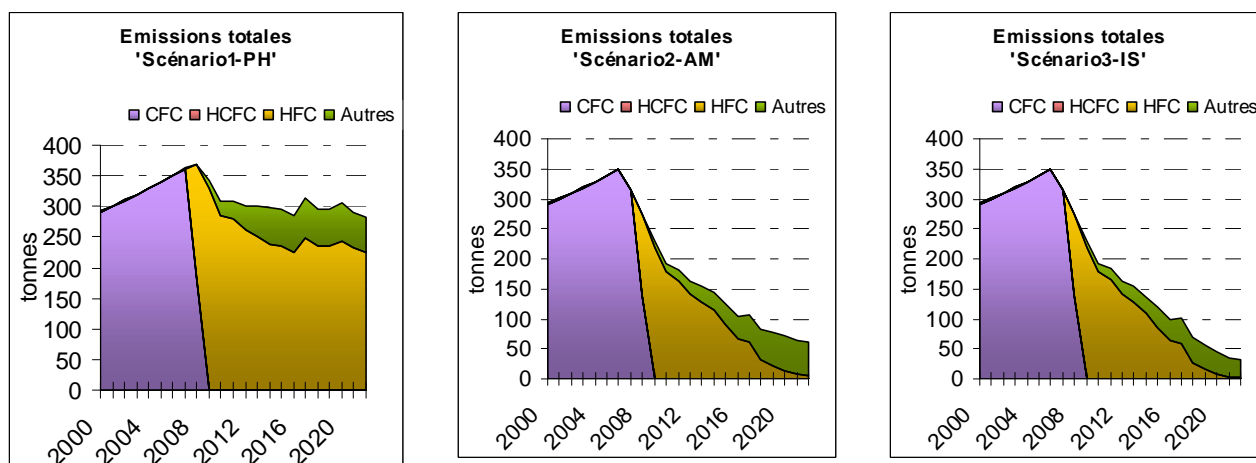


Figure 2.4 - Projections des émissions de fluides frigorigènes (en tonnes de fluides frigorigènes)

En 2007, une très grande majorité des émissions en fin de vie sont des émissions de R-12. Elles représentent plus de 300 tonnes par an. Les émissions de HFC pourraient être quasi-nulles en 2022, si l'efficacité de récupération est améliorée à 80 % (scénario 3).

2.5 Émissions des fluides frigorigènes en équivalent CO₂

Traduites en équivalent CO₂, les émissions passent de 3 millions de tonnes, valeur maximale en 2007, à une valeur insignifiante en 2022 due à l'élimination du parc d'équipements fonctionnant au R-12, à la grande proportion d'appareils au R-600a sur le marché neuf et à une meilleure récupération en fin de vie.

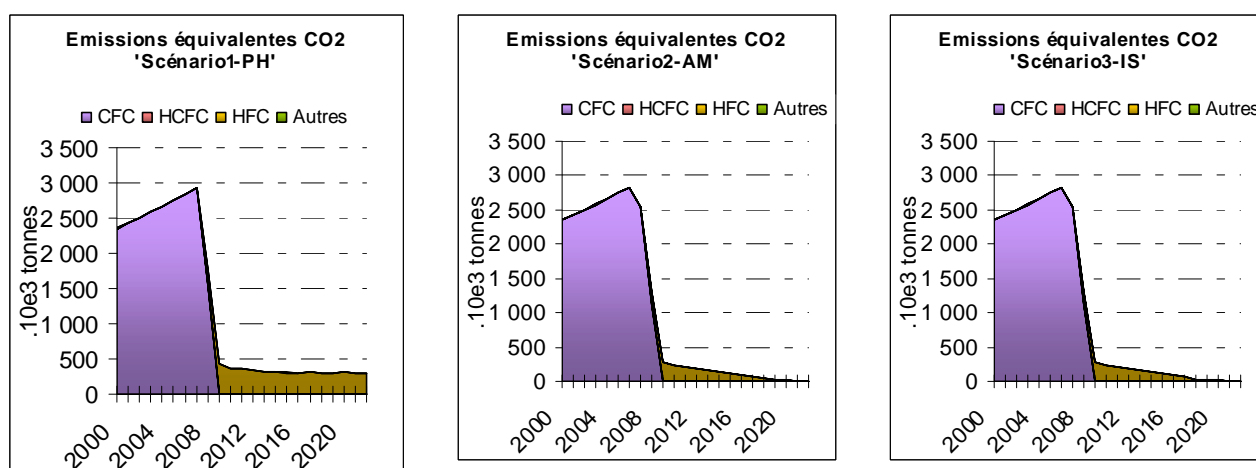


Figure 2.5 - Projections des émissions en équivalent CO₂ (en milliers de tonnes)

2.6 Récupération des fluides frigorigènes

La récupération du fluide frigorigène pourrait passer de 51 tonnes en 2007 à environ 120 tonnes entre 2012 et 2015, selon le scénario 3. La récupération maximale de R-134a sera possible durant cette période, qui correspondra à l'arrivée en fin de vie des appareils vendus dans la fin des années 90, avant la forte pénétration du marché par le R-600a. Il est alors nécessaire que la filière de traitement des appareils en fin de vie, qui commence à être mise en place en France au niveau national, atteigne un bon niveau d'efficacité pour assurer le traitement avec récupération du fluide frigorigène sur 60 à 80 % des appareils parvenant en fin de vie. On se doit de noter que rien n'oblige du point de vue réglementaire les éco-organismes à récupérer les R-600a (isobutane). Les courbes présentées présentent une récupération potentielle, mais le R-600a peut être émis.

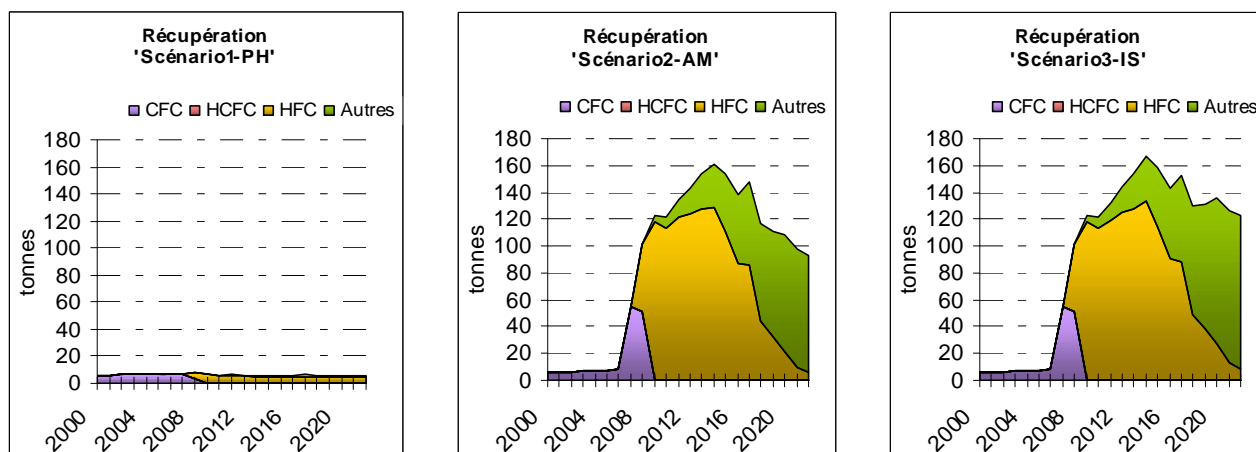


Figure 2.6 - Projections de la récupération des fluides frigorigènes

3. LE FROID COMMERCIAL

3.1 Hypothèses de projection

Le secteur du froid commercial est directement concerné par les mesures visant à organiser un contrôle périodique d'étanchéité. Par ailleurs, ce secteur représente un enjeu important car ses installations utilisent des fluides à fort GWP et présentent des taux d'émissions élevés.

Les projections d'équipements frigorifiques sont établies à partir d'hypothèses d'évolution des parcs de magasins et des surfaces moyennes de vente. Il est considéré un comportement, sur la période de 2007 à 2022, reflétant l'évolution moyenne de la période de 2000 à 2006, soit :

- que le parc d'hypermarchés augmente de 2,8 % par an et la surface moyenne associée décroît de 0,3 % par an ;
- que le parc de supermarchés diminue de 1,7 % par an et la surface moyenne associée croît de 1,9 % par an ;
- pour les petits commerces, il est considéré une croissance du parc des magasins de type « supérette » de 3 % par an et une décroissance des magasins de type « alimentation générale » de 1,6 % par an.
- le marché des distributeurs automatiques augmente de 7 % par an.

Les hypothèses de calcul pour les projections sont présentées aux tableaux 3.1 et 3.2.

Tableau 3.1 - Hypothèses pour les projections

HORIZON 2022	Scénario "Pratiques habituelles"	Scénario "Application des mesures"	Scénario "Incitations supplémentaires"
Supermarchés			
Taux d'émissions fugitives (%)	25	18	11
Efficacité de récupération en fin de vie (%)	50	80	90
Charge unitaire (kg/m²)	0,29	0,2	0,12
Hypermarchés			
Taux d'émissions fugitives (%)	30	22	15
Efficacité de récupération en fin de vie (%)	50	80	90
Charge unitaire (kg/m²)	0,27	0,18	0,1
Groupes de condensation dans les petits commerces			
Taux d'émissions fugitives (%)	15	9	7
Efficacité de récupération en fin de vie (%)	30	50	75
Groupes hermétiques dans les petits commerces			
Taux d'émissions fugitives (%)	1	1	1
Efficacité de récupération en fin de vie (%)	0	32	65

Les niveaux des taux d'émissions fugitives associés aux systèmes centralisés des supermarchés et hypermarchés sont justifiés par les points ci-après.

- Pour le scénario 1, pratiques habituelles : les taux d'émissions rencontrés dans les années 2000 restent inchangés, aucun effort n'est fait pour identifier les causes d'émissions de fluides, la réglementation sur le contrôle d'étanchéité n'est pas appliquée.
- Dans le scénario 2, l'application des mesures actuelles permet un meilleur suivi des installations et l'identification des problèmes récurrents en terme d'étanchéité sur des systèmes comparables. Des opérations de maintenance préventives sont alors possibles pour éviter des incidents et limiter les pertes de fluides accidentelles. Il est également supposé que les systèmes indirects commencent à pénétrer le marché de façon significative lors du renouvellement des installations anciennes. Cela a un effet à la fois sur la charge en fluide mais aussi sur le facteur d'émission, qui s'en trouvent réduits.
- Dans le scénario 3, les incitations à utiliser des fluides à plus faible GWP, ou à réduire la charge en fluide des installations, conduisent à une utilisation plus significative des systèmes indirects, avec le CO₂ comme frigoroporteur par exemple. L'installation frigorifique est confinée en salle des machines et le contrôle d'étanchéité est facilité.

Le tableau 3.2 récapitule les hypothèses concernant les fluides frigorigènes utilisés dans les installations neuves, mais aussi celles liées aux conversions d'installations aux HCFC, voire aux HFC, envisagées dans le scénario 3.

Tableau 3.2 - Hypothèses sur l'évolution des fluides frigorigènes pour les projections

HORIZON 2022	Scénario 1 "Pratiques habituelles"	Scénario 2 "Application des mesures"	Scénario 3 "Incitations supplémentaires"
Super et hypermarchés			
Marché de fluides équipements neufs en 2022	100 % R-404A	50 % R-404A, 50 % R-422A, R-422D, R-427A, R-134a, R-410A Systèmes à frigoroporteur : 50% du marché en 2022. Charge équivalente de 0.2kg/m ²	30 % de R-422A, R-422D, R-427A 20 % de R-407C 50 % de blend 4 (GWP 800, introduit en 2012) Systèmes à frigoroporteur : 100% du marché en 2022. Charge équivalente de 0.12kg/m ²
Rétrofit	pas de retrofit	Rétrofit des HCFC à partir de 2009 sur 10 ans par le R-422A et / ou le R-427A	- Rétrofit des HCFC à partir de 2009 sur 10 ans par le R-422A - Rétrofit du R-404A à partir de 2009 sur 15 ans par le R-422A puis le blend 4 en 2013.
Groupes de condensation			
Marché de fluides équipements neufs en 2022	100 % R-404A	100 % de 404A	20% de R-404A 30% de R-422 50% de blend 4 (GWP 800)
Rétrofit	Pas de retrofit	- Rétrofit du R-22 à partir de 2010 sur 10 ans par le R-422A - Rétrofit du R-401A à partir de 2010 sur 10 ans par le R-417A	- Rétrofit des HCFC comme dans le scénario 2 - Rétrofit du R-404A à partir de 2010 sur 15 ans par le R-422A puis par le blend 4
Groupes hermétiques			
Marché de fluides équipements neufs en 2022	100 % R-134a	69 % de R-134a, 31 % de R-600a	69 % de R-134a, 31 % de R-600a
Rétrofit	Pas de retrofit	Pas de retrofit	Pas de retrofit

Pour le scénario 1, de référence, le R-404A garde 100 % des parts de marché en froid commercial pour les équipements neufs, comme en 2000. Aucune conversion d'installation n'est envisagée.

Pour le scénario 2, dit « réaliste », étant donnée la faible percée des fluides de transition en froid commercial actuellement, il a été choisi de modifier en partie les hypothèses posées lors des précédents inventaires. L'introduction du R-422A sur le marché neuf a été ralentie et

limitée à 25 % de parts du marché neuf en 2022, aussi bien pour les hypermarchés que pour les supermarchés. De même, les débuts des rétrofits d'installations aux HCFC sont décalés à 2009 pour les super et hypermarchés et sont répartis sur 10 ans au lieu de 7 pour les groupes de condensation.

Pour le scénario 3, les hypothèses des inventaires 2006 sont maintenues. Le R-407C et le R-422A sont donc introduits progressivement sur le marché neuf à la place du R-404A à partir de 2009. Le GWP du R-407C est deux fois plus faible que celui du R-404A et peut être utilisé dans les centrales positives, de préférence avec un système indirect. Un nouveau mélange, appelé blend 4, est proposé pour les installations neuves à partir de 2013. Ce mélange à base de HFC aurait un GWP de 800. En effet, il est pensable qu'avec l'apparition de nouveaux fluides en climatisation automobile, de nouveaux mélanges soient possibles pour assurer les besoins en basse température. De plus, il est considéré un début de conversion des installations au R-404A par des fluides à plus faible GWP.

3.2 Demande en fluides frigorigènes

La demande en fluides frigorigènes totalise les besoins pour la maintenance et la recharge des installations, le marché de fluides pour les installations neuves ainsi que le marché de fluides permettant la conversion ou le rétrofit des installations frigorifiques.

Les installations de froid commercial sont supposées être renouvelées tous les 15 ans, dans tous les scénarios. Le calcul des projections ayant été fait sur la base d'une durée de vie moyenne, cette hypothèse conduit à l'élimination de la banque de HCFC (et par conséquent du marché de maintenance) du froid commercial en 2015 dans tous les scénarios puisque les dernières installations mises en route au R-22 datent de 1999. Ce résultat est à confirmer, lors des prochains inventaires, dans lesquels le calcul des projections sera réalisé avec une courbe de durée de vie.

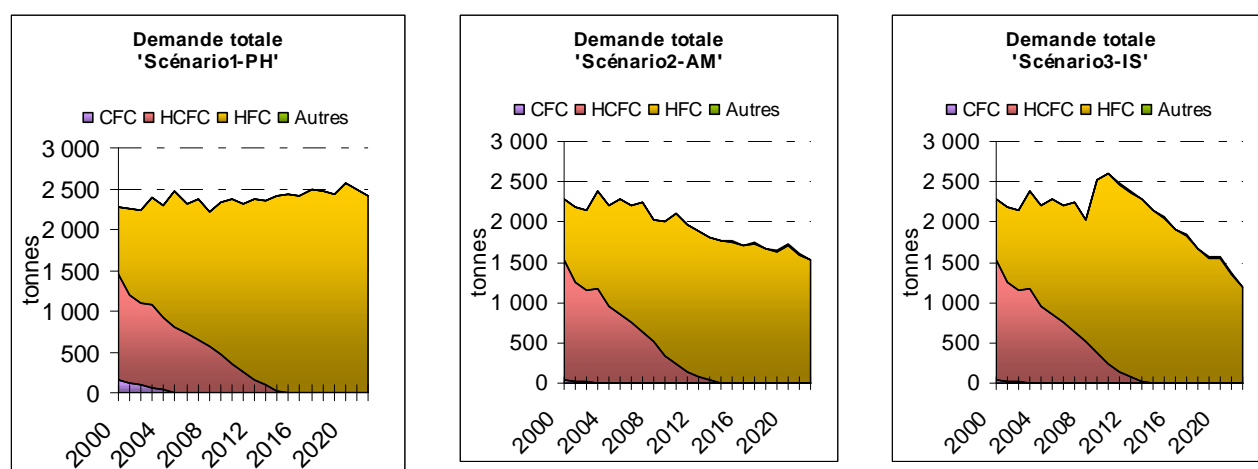


Figure 3.1 – Projections du marché des fluides frigorigènes (en tonnes de fluides frigorigènes)

Tableau 3.3 – Marché des fluides frigorigènes à l'horizon 2022

Année 2022	HCFC(t)	HFC(t)	Autres(t)
Scénario 1 - PH	0,0	2 408,0	0,0
Scénario 2 - AM	0,0	1 526,0	9,9
Scénario 3 - IS	0,0	1 184,5	9,9

Il convient de souligner qu'en l'absence de réglementation et d'efforts particuliers pour améliorer l'étanchéité des installations (cf. scénario 1), le marché des fluides frigorigènes en froid commercial serait passé de 2 300 tonnes en 2007 à 2 400 tonnes en 2022. Dès le scénario 2, la demande peut être réduite d'un tiers, notamment grâce à l'introduction des systèmes indirects.

Les « pics » de croissance observés sur les figures 3.1, comme par exemple dans le scénario 3 au cours de la période allant de 2009 à 2011, correspondent à des périodes de renouvellement des installations anciennes.

3.3 Banque

Le retour des enquêtes en froid commercial a montré la tendance nette à l'accélération des renouvellements des installations frigorifiques anciennes au cours des remodelings de magasins et ce, depuis la période précédant l'interdiction des CFC. La prise en compte de cette donnée, en supposant un renouvellement tous les 15 ans dans les hyper et supermarchés, conduit à l'élimination progressive et totale de la banque de HCFC, quel que soit le scénario. Les mesures des différents scénarios vont jouer sur l'évolution de la banque de HFC qui, selon les pratiques habituelles, atteindrait 8 000 tonnes de fluides en 2022.

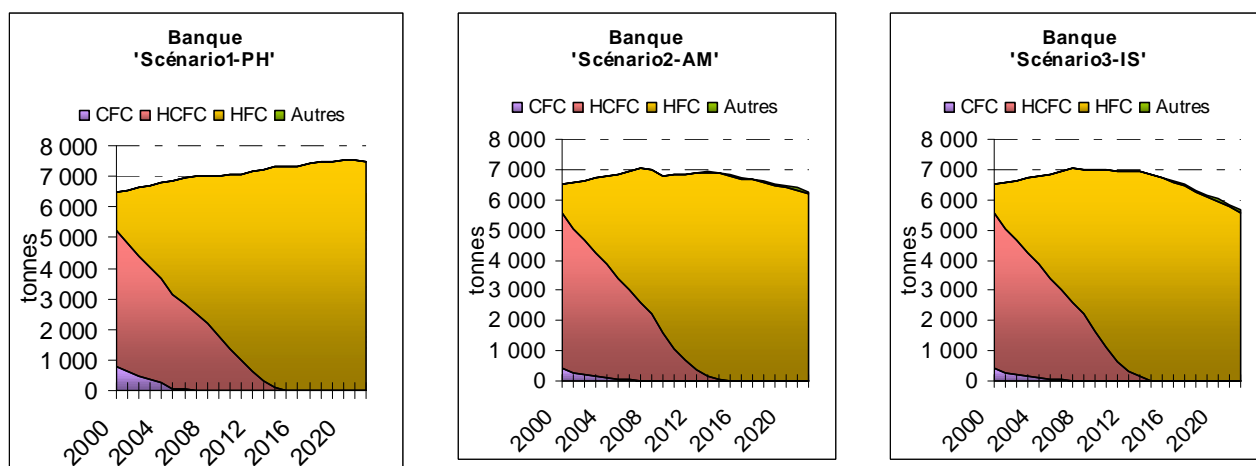


Figure 3.2 - Projections de la banque de fluides (en tonnes de fluides frigorigènes)

Tableau 3.4 – Banque des fluides frigorigènes à l'horizon 2022

Année 2022	HCFC(t)	HFC(t)	Autres(t)
Scénario 1 - PH	0,0	7 496,8	0,0
Scénario 2 - AM	0,0	6 184,4	88,2
Scénario 3 - IS	0,0	5 558,7	88,2

Dans le scénario 2, la réduction des charges liée à l'introduction des systèmes indirects permet déjà de gagner plus de 1 300 tonnes sur la banque de HFC à l'horizon 2022. L'inertie du parc est grande et les scénarios proposant la mise en place progressive (scénario 2) ou totale (scénario 3) des systèmes indirects dans les équipements neufs ne commencent à montrer une inflexion de la courbe qu'après 2012.

3.4 Emissions des fluides frigorigènes

Si aucune mesure n'avait été engagée pour améliorer l'étanchéité et la récupération des fluides (scénario 1), les émissions totales de fluides frigorigènes en froid commercial seraient passées de 1 800 tonnes en 2007 à 2 000 tonnes en 2022.

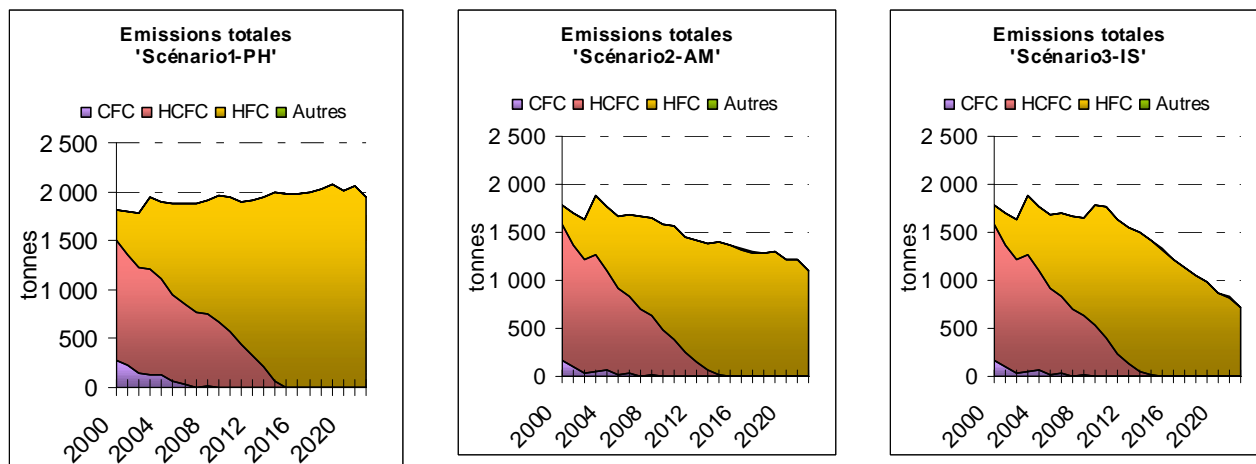


Figure 3.3 - Projections des émissions de fluides frigorigènes (en tonnes de fluides frigorigènes)

Le scénario 2 prévoit la mise en place d'une maintenance préventive efficace à l'aide d'une politique de contrôle d'étanchéité périodique et de diagnostic des pertes de fluide. Elle permet de limiter les émissions de fluides frigorigènes sur les installations de froid centralisées. Le niveau global d'émissions est alors réduit à 1 100 t/an en 2022.

De plus, la réduction de charge unitaire en privilégiant nettement les systèmes indirects comme au scénario 3, permet un gain supplémentaire et une réduction de 57 % du niveau global d'émissions en 2022, par rapport au niveau de 2007.

3.5 Émissions des fluides frigorigènes en équivalent CO₂

En termes d'équivalent CO₂, le remplacement du R-22 par le R-404A pénalise le froid commercial. Le niveau d'émissions de 2007 est déjà de 4,3 millions de tonnes en équivalent CO₂. Dans le scénario 1, sans aucune mesure de réduction, les émissions atteignent 6,3 millions de tonnes équivalent CO₂. Dans le scénario 2, la réduction de la part du R-404A à 70 % du marché, les conversions d'installations R-22 au R-422A et le début de l'introduction des systèmes indirects de plus faible charge permettent d'abaisser le niveau d'émissions à 3,3 millions de tonnes équivalent CO₂. Dans le scénario 3, la conversion des installations au R-404A (ou R-507) par des mélanges à plus faible GWP a un impact dès 2010, permet une inversion de tendance, et ramène les émissions en équivalent CO₂ à 1 million de tonnes seulement en 2022.

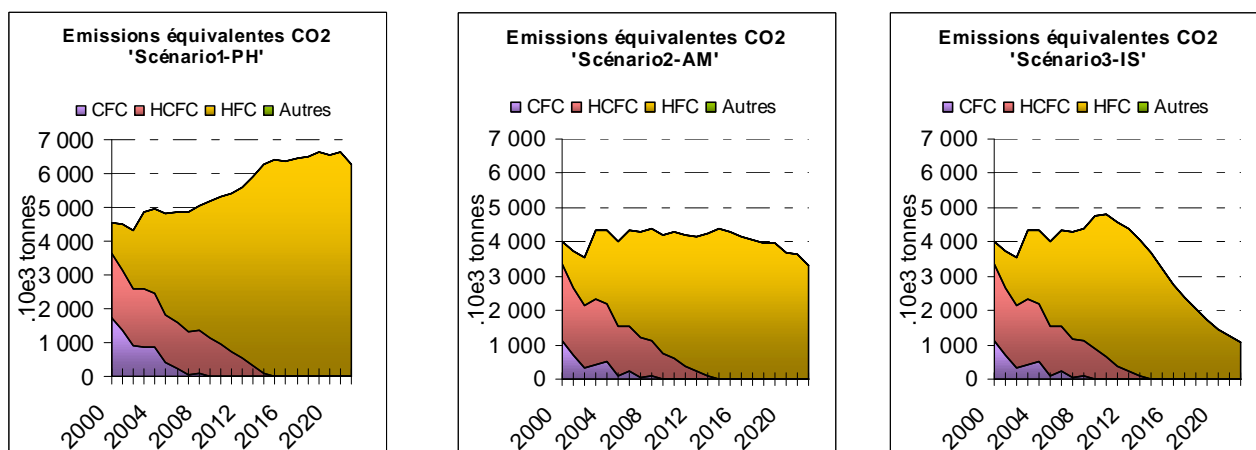


Figure 3.4 - Projections des émissions en équivalent CO₂ (en milliers de tonnes)

3.6 Récupération des fluides frigorigènes

La récupération des HCFC en fin de vie des installations, à partir de 2010, se limiterait à 200 tonnes par an (scénario 1) si la procédure de récupération n'était pas conduite de façon rigoureuse.

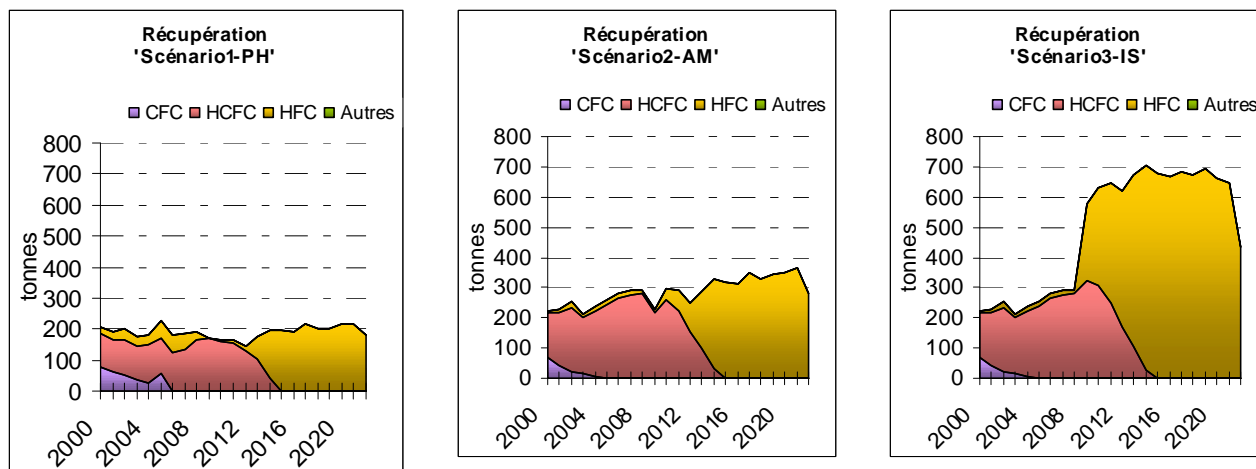


Figure 3.5 - Projections de la récupération des fluides frigorigènes

L'accélération des conversions des installations permet de récupérer un volume de fluide plus important, pouvant aller jusqu'à 360 tonnes dans le scénario 2 et 700 tonnes dans le scénario 3, ce qui devrait permettre de satisfaire la plus grosse part de la demande pour la maintenance des installations sur la période de 2010 à 2015, notamment pour les installations des grands groupes pour lesquels les transferts de fluide seront possibles.

4. LES TRANSPORTS FRIGORIFIQUES

4.1 Hypothèses de projection

Les projections considèrent, à partir de 2008, aussi bien pour le marché que pour la production nationale, un taux de croissance de 2 % des systèmes de type poulie-courroie et de 1,5 % des moteurs thermiques.

Les projections en transport maritime tiennent compte de la tendance actuelle observée, c'est-à-dire du fort développement des conteneurs frigorifiques au détriment des reefers. Compte tenu de leur nombre, il est seulement supposé une croissance de 1 % du marché des conteneurs (14 % sont observés ces dernières années), ce qui porte tout de même à 3 millions le nombre de conteneurs formant le parc de 2022.

Les transports maritimes sont traités au niveau mondial dans RIEP et la part française de 10 % est exposée ici. Par souci de cohérence avec les inventaires mondiaux, les fluides utilisés ont été corrigés par rapport aux inventaires 2006 de façon à être cohérents avec le niveau mondial (présence du R-22 sur le marché neuf jusqu'en 2010) plutôt qu'avec la réglementation française.

Les hypothèses de calcul pour les projections sont présentées tableau 4.1.

Tableau 4.1 - Hypothèses pour les projections

HORIZON 2022	Scénario "Pratiques habituelles"	Scénario "Application des mesures"	Scénario "Incitations supplémentaires"
Groupes avec accouplement "poulie moteur"			
Taux d'émissions fugitives (%)	25	20	15
Efficacité de récupération en fin de vie (%)	70	80	80
Groupes avec moteur thermique indépendant			
Taux d'émissions fugitives (%)	15	10	8
Efficacité de récupération en fin de vie (%)	70	80	80
Conteneurs frigorifiques			
Taux d'émissions fugitives (%)	20	20	15
Efficacité de récupération en fin de vie (%)	30	30	50
Bateaux frigorifiques (reefers)			
Taux d'émissions fugitives (%)	20	15	15
Efficacité de récupération en fin de vie (%)	30	30	50

Les conteneurs frigorifiques et les reefers sont des équipements mobiles à travers le monde et la récupération des fluides en fin de vie de ces équipements n'est pas aussi facile que pour le transport frigorifique routier, où les parcs de camions sont bien tracés et entretenus par un nombre limité d'acteurs.

Tableau 4.2 – Hypothèses sur l'évolution des fluides frigorigènes pour les projections

	Scénario 1 "Pratiques habituelles"	Scénario 2 "Application des mesures"	Scénario 3 "Incitations supplémentaires"
Groupe avec accouplement "poulie moteur"			
Marché de fluides équipements neufs en 2022	R-134a : 90 % R-404A : 10 %	80 % de R-134a, 20 % de R-404A	80 % de R-134a, 20 % de R-422A
Réetrofit	Pas de retrofit	Pas de retrofit	Pas de retrofit
Groupe avec moteur thermique indépendant			
Marché de fluides équipements neufs en 2022	100 % de R-404A	50 % de R-404A 50 % de R-422A (introduit en 2012)	25 % de R-422A, 75 % de blend 4 (GWP 800) (introduit en 2014)
Réetrofit	Pas de retrofit	Pas de retrofit	Pas de retrofit
Conteneurs frigorifiques			
Marché de fluides équipements neufs en 2022	100 % de R-134a	100 % de R-134a	100 % de R-134a
Réetrofit	Pas de retrofit	Pas de retrofit	Pas de retrofit
Bateaux frigorifiques (reefers)			
Marché de fluides équipements neufs en 2022	100 % de R-404A	40 % de R-404A , 60 % de R-134a	35 % de R-404A , 5 % de R-410A 60 % de R-134a
Réetrofit	Pas de retrofit	Pas de retrofit	- Pas de retrofit

Dans le scénario 3, pour le transport routier, il est envisagé de remplacer progressivement le R-404A sur le marché des équipements neufs par un mélange à plus faible GWP.

4.2 Demande en fluides frigorigènes

La demande de HCFC dans le secteur des transports frigorifiques concerne uniquement les bateaux frigorifiques. Cette flotte étant mondiale, la production peut avoir lieu dans des pays où l'usage du R-22 dans les équipements neufs est autorisé (en Chine par exemple).

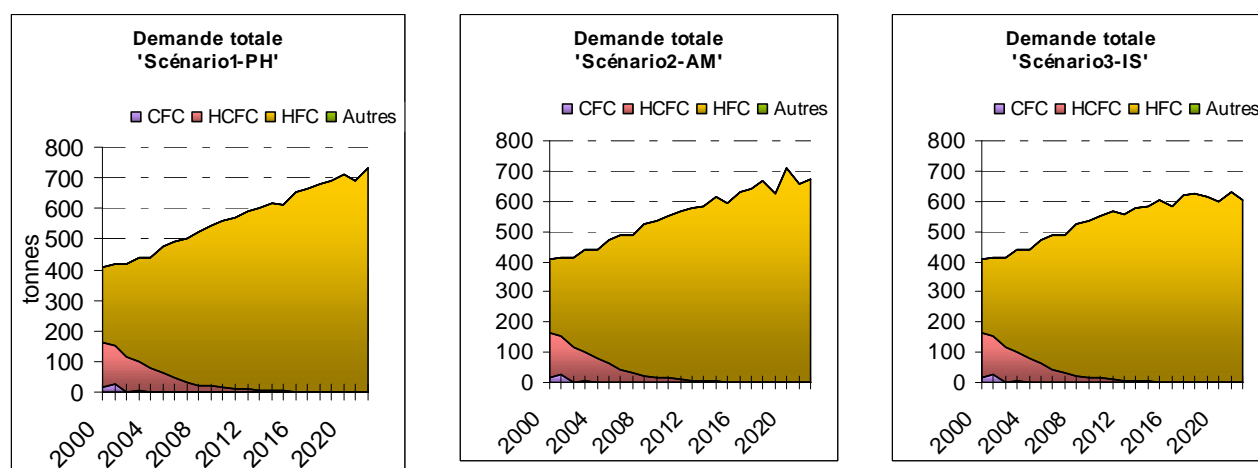


Figure 4.1 - Projections du marché des fluides frigorigènes (en tonnes de fluides frigorigènes)

Tableau 4.3 – Marché des fluides frigorigènes en 2022

Année 2022	HCFC(t)	HFC(t)	Autres(t)
Scénario 1 - PH	0,1	729,6	0,0
Scénario 2 - AM	0,1	672,1	0,0
Scénario 3 - IS	0,1	604,7	0,0

La demande de HFC pour le secteur des transports est estimée à 700 tonnes et ne devrait pas trop évoluer dans les 15 ans à venir. La croissance du marché neuf est en fait

compensée par une réduction du niveau d'émissions des systèmes neufs introduits sur le marché.

Le secteur maritime, conteneurs et bateaux, représente 65 % du secteur transport frigorifique en 2022.

4.3 Banque

La banque de fluides frigorigènes dans le secteur des transports est évaluée à 1 200 tonnes en 2007. Elle pourrait atteindre 2 000 tonnes dans les années à venir.

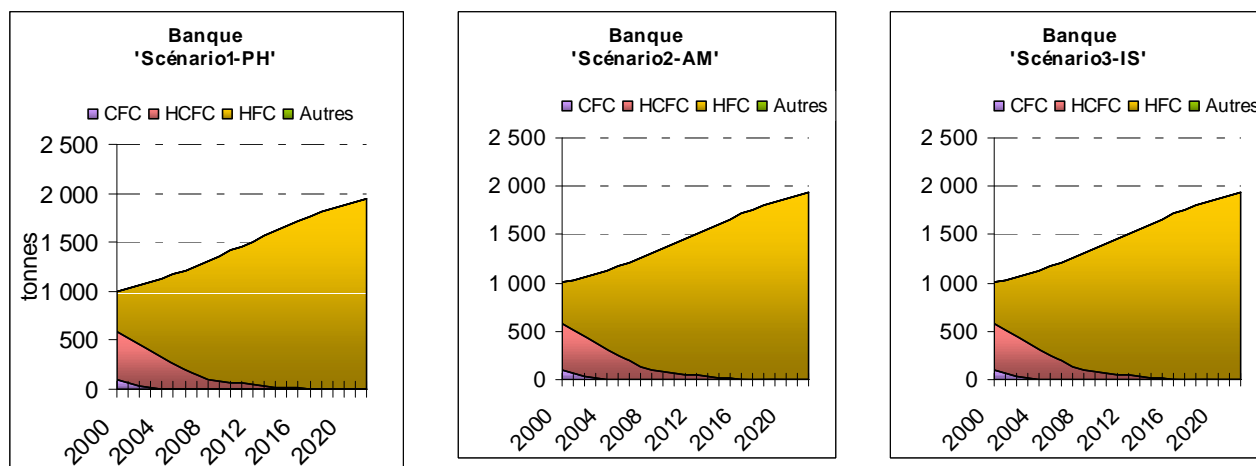


Figure 4.2 - Projections de la banque de fluides (en tonnes de fluides frigorigènes)

Tableau 4.4 – Banque des fluides frigorigènes en 2022

Année 2022	HCFC(t)	HFC(t)	Autres(t)
Scénario 1 - PH	0,5	1 939,2	0,0
Scénario 2 - AM	0,3	1 935,0	0,0
Scénario 3 - IS	0,3	1 935,0	0,0

4.4 Émissions des fluides frigorigènes

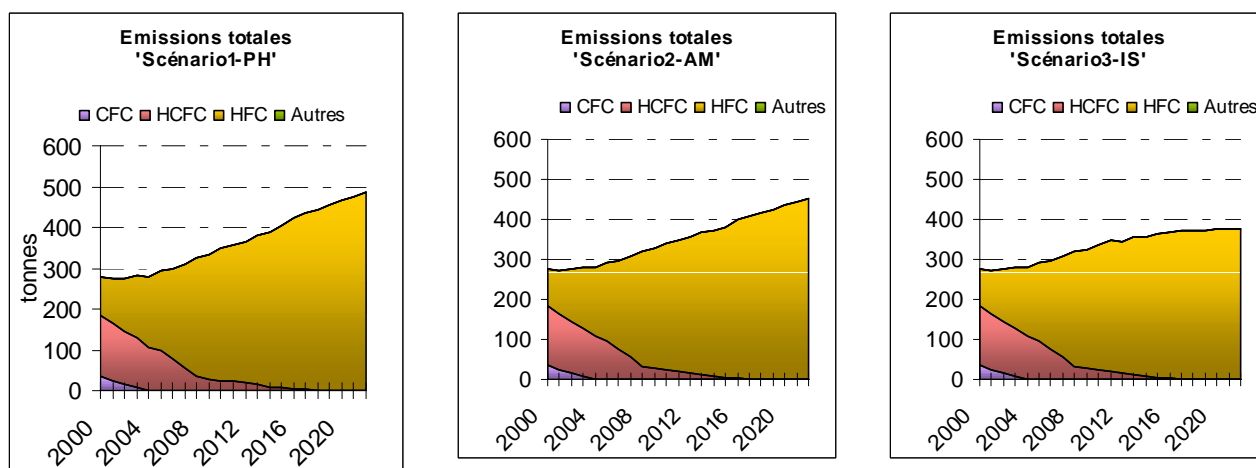


Figure 4.3 - Projections des émissions de fluides frigorigènes (en tonnes de fluides frigorigènes)

Les conteneurs frigorifiques représentent 75 % du volume de fluides frigorigènes émis dans le secteur des transports frigorifiques. L'agressivité des atmosphères marines vis-à-vis des circuits frigorifiques entraîne une corrosion rapide et des pertes fréquentes de fluide frigorigène. La gestion des conteneurs frigorifiques est une problématique mondiale, et les scénarios de projections proposés au niveau français n'ont qu'une influence limitée sur les

émissions à venir dans ce secteur. Il faut cependant noter que la compagnie danoise MAERSK a demandé et obtenu le développement de conteneurs dont le système frigorifique fonctionne au CO₂. Ce développement doit être suivi.

Le niveau d'émissions de fluide frigorigène est estimé entre 380 (scénario 3) et 480 tonnes (scénario 1) en 2022 dans le secteur du transport frigorifique.

4.5 Émissions des fluides frigorigènes en équivalent CO₂

Les principaux fluides utilisés en transports frigorifiques sont le R-404A pour les camions et le R-134a pour les conteneurs frigorifiques. Les émissions de R-134a sont majoritaires compte tenu du parc des conteneurs frigorifiques entretenus en France. Traduites en émissions en équivalent CO₂ l'impact du secteur reste faible, d'environ un million de tonnes en équivalent CO₂.

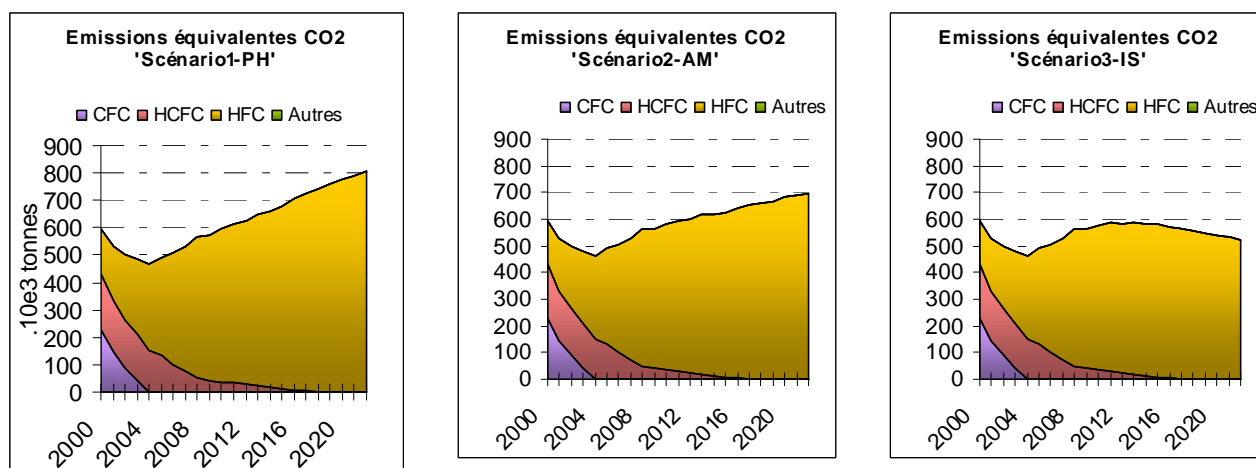


Figure 4.4 - Projections des émissions en équivalent CO₂ (en milliers de tonnes)

4.6 Récupération des fluides frigorigènes

La récupération des fluides frigorigènes est obligatoire sur les équipements utilisés en transport frigorifique. La charge en fluide est généralement supérieure à 2 kg.

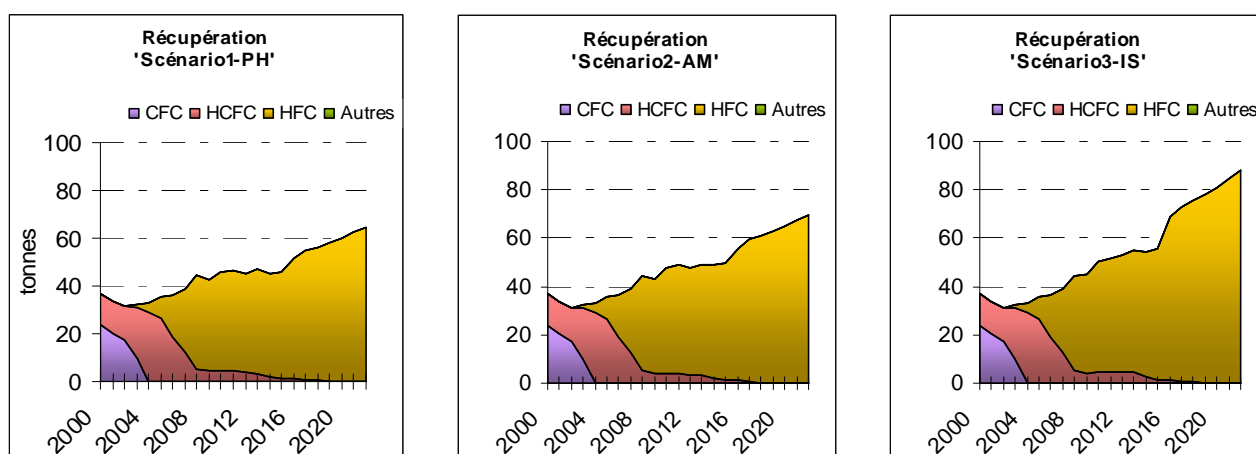


Figure 4.5 - Projections de la récupération des fluides frigorigènes (en tonnes de fluides frigorigènes)

Les tonnages récupérables sont estimés culminer à 90 tonnes par an environ en 2022 dans le scénario 3.

5. LE FROID INDUSTRIEL

5.1 Hypothèses de projection

Dans le secteur des industries agroalimentaires (IAA), le calcul est basé sur les données de production des produits alimentaires. La figure 5.1 présente les projections des productions agroalimentaires basées sur l'évolution de 1960 à 2007 donnée par la FAO [FAO07].

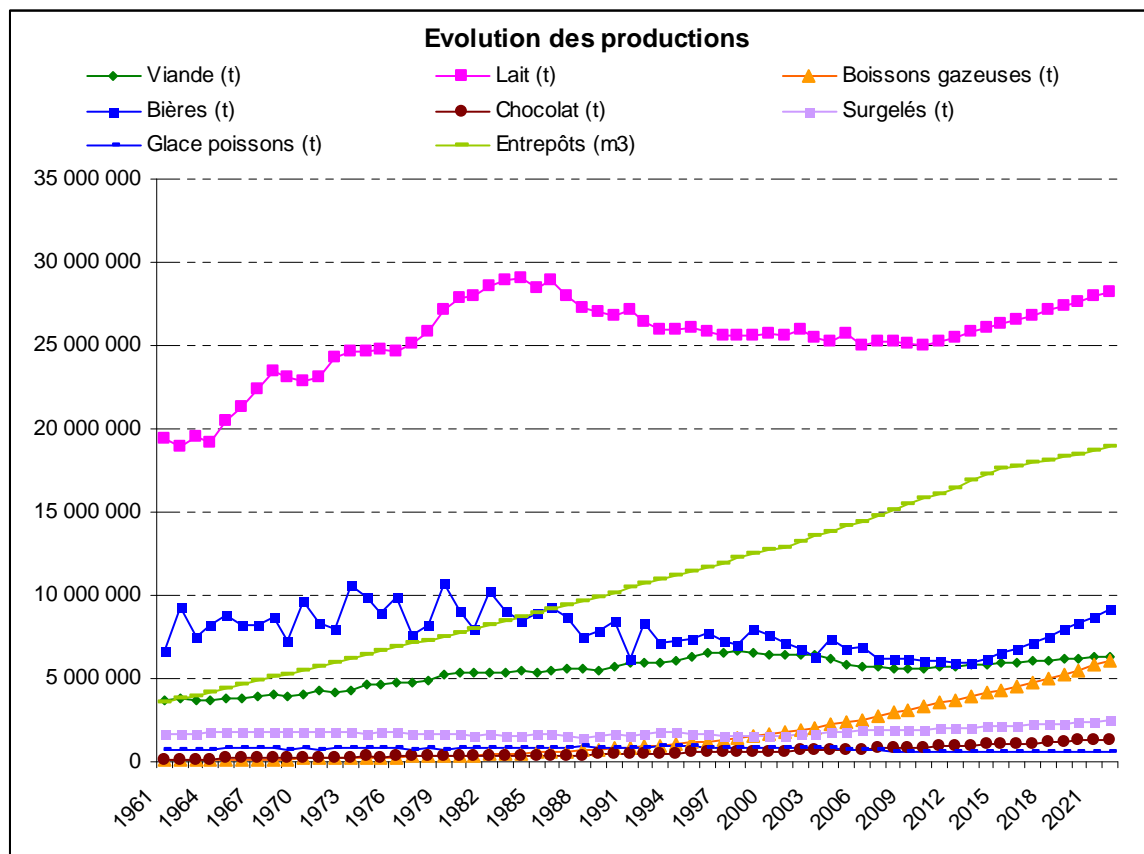


Figure 5.1 – Projection des productions agroalimentaires.

Dans le secteur du froid industriel, le R-22 a longtemps été un fluide largement utilisé avec l'ammoniac. Jusqu'aux inventaires 2005, il était envisagé, dans le scénario 2 « réaliste », que des renouvellements d'installations soient programmés à partir de 2008. Cette hypothèse tenait déjà compte du fait que les installations au R-22 seraient maintenues le plus longtemps possible étant donné leur durée de vie et le coût que représente le renouvellement d'une centrale frigorifique. La tendance observée, et communiquée notamment en agroalimentaire en 2006-2007, est que les renouvellements d'installations, coûteuses, ne sont toujours pas programmés ; le secteur est en attente d'un assouplissement de la réglementation vis-à-vis de l'ammoniac et de solutions HFC mieux adaptées à leur technologie. Aussi, les hypothèses présentées au tableau 5.2 tiennent compte, pour le scénario 2, de cette position attentiste et d'un démarrage des conversions d'installations seulement en 2010.

Les autres hypothèses de calcul pour les projections sont présentées au tableau 5.1.

Tableau 5.1 - Hypothèses pour les projections

	Scénario "Pratiques habituelles"	Scénario "Application des mesures"	Scénario "Incitations supplémentaires"
Industrie agro-alimentaire			
Taux d'émissions fugitives (%)	12 à 15%	10 à 12%	8 à 9%
Efficacité de récupération en fin de vie (%)	70	80	90
Systèmes indirects en "viande"	6	20	55
Systèmes indirects en "laiteries"	80	90	90
Systèmes indirects en "brasseries"	50	70	90
Systèmes indirects en "chocolateries"	1	20	30
Systèmes indirects en "entreposage"	25	40	72
Systèmes indirects en "produits surgelés"	6	20	52
Systèmes indirects en "boissons gazeuses"	50	70	90
Systèmes indirects en "glace hydrique"	6	20	52
Procédés industriels (dont chimie lourde)			
Taux d'émissions fugitives (%)	15	12	10
Efficacité de récupération en fin de vie (%)	50	82	90
Patinoires			
Taux d'émissions fugitives (%)	10	7,5	6
Efficacité de récupération en fin de vie (%)	50	80	90
Tanks à lait			
Taux d'émissions fugitives (%)	10	8	8
Efficacité de récupération en fin de vie (%)	0	40	50
Charge unitaire	2,09	1,88	1,85

Le remplacement des installations anciennes par des systèmes indirects avec frigoporteur CO₂ ou en cascade CO₂ permet un meilleur confinement du fluide en salle des machines. L'efficacité de récupération est alors améliorée, compte tenu de la compacité des nouvelles installations. Ceci est traduit, de façon la plus significative, dans le scénario 3.

Les projections du marché des fluides frigorigènes sont présentées au tableau 5.2. Dans le scénario 2 "réaliste", il est envisagé une conversion des installations au R-22 par le R-507, seul mélange HFC qui ne présente pas de glissement de température et qui pourrait être utilisé dans un évaporateur noyé, avec un réservoir basse pression. Cette conversion nécessite toutefois une opération de rinçage assez lourde en raison de l'incompatibilité des huiles utilisées. L'augmentation de la puissance frigorifique volumétrique peut nécessiter aussi un changement des moteurs de compresseurs. Compte tenu des difficultés posées par une conversion d'installation avec ces technologies, il est supposé que l'ensemble des opérations de rétrofit est réalisé sur une période de 20 ans (jusqu'aux derniers inventaires, il était considéré une période de rétrofits de 15 ans seulement dans le scénario réaliste en agroalimentaire).

La part de l'ammoniac va augmenter légèrement mais, compte tenu de la réglementation, les possibilités d'implantations nouvelles de systèmes à l'ammoniac restent limitées. Il pourrait, dans les prochains inventaires, être envisagé d'associer au scénario 3, une mesure assouplissant la réglementation liée à l'ammoniac. Pour le moment, un nouveau mélange à faible GWP (800), appelé BLD4, est introduit début 2013 au scénario 3 et prend 30 % des parts de marché du R-507 en 2022.

Tableau 5.2 - Hypothèses sur l'évolution des fluides frigorigènes pour les projections

	Scénario 1 "Pratiques habituelles"	Scénario 2 "Application des mesures"	Scénario 3 "Incitations supplémentaires"
Industrie de la viande			
Marché de fluides pour les équipements neufs en 2022	R-404A 60 %, R-717 40 %	30 % de R-404A , 70 % de R-717	15 % de R-404A , 70 % de R-717, 15 % de blend 4 (début 2012)
Rétrofit	Pas de rétrofit	Rétrofit du R-22 à partir de 2010 sur 20 ans par le R-507	- Rétrofit du R22 : à partir de 2008 sur 15 ans par le R-507 - Rétrofit du R-404A à partir de 2012 sur 25 ans par blend 4
Industrie laitière			
Marché de fluides pour les équipements neufs en 2022	60 % de R-404A, 40 % de R-717	30 % de R-404A , 70 % de R-717	15 % de R-404A , 70 % de R-717, 15 % de blend 4 (début 2012)
Rétrofit	Pas de rétrofit	Rétrofit du R-22 à partir de 2010 sur 20 ans par le R-507	- Rétrofit du R22 : à partir de 2008 sur 15 ans par le R-507 - Rétrofit du R-404A à partir de 2012 sur 25 ans par blend 4
Industrie entreposage			
Marché de fluides pour les équipements neufs en 2022	40 % de R-404A, 60 % de R-717	20% de R-134a 10 % de R-404A , 70 % de R-717	15 % de R-404A , 70 % de R-717, 15 % de blend 4 (début 2012)
Rétrofit	Pas de rétrofit	Rétrofit du R-22 à partir de 2010 sur 20 ans par le R-507	- Rétrofit du R22 : à partir de 2008 sur 15 ans par le R-507 - Rétrofit du R-404A à partir de 2012 sur 25 ans par blend 4
Industrie des produits surgelés			
Marché de fluides pour les équipements neufs en 2022	40 % de R-404A, 60 % de R-717	20% de R-134a, 10 % de R-404A, 70 % de R-717	15 % de R-404A, 70 % de R-717, 15 % de blend 4 (début 2012)
Rétrofit	Pas de rétrofit	Rétrofit du R-22 à partir de 2010 sur 20 ans par le R-507	- Rétrofit du R22 : à partir de 2008 sur 15 ans par le R-507 - Rétrofit du R-404A à partir de 2012 sur 25 ans par blend 4
Industrie de la glace hydrique			
Marché de fluides pour les équipements neufs en 2022	50 % de R-404A, 50 % de R-717	30 % de R-404A, 70 % de R-717	15 % de R-404A, 70 % de R-717, 15 % de blend 4 (début 2012)
Rétrofit	Pas de rétrofit	Rétrofit du R-22 à partir de 2010 sur 20 ans par le R-507	- Rétrofit du R22 : à partir de 2008 sur 15 ans par le R-507 - Rétrofit du R-404A à partir de 2012 sur 25 ans par blend 4
Industries boissons gazeuses			
Marché de fluides pour les équipements neufs en 2022	60 % de R-404A, 40 % de R-717	30 % de R-404A , 70 % de R-717	10 % de R-404A , 10% de R-422A, 70 % de R-717, 10 % de blend 4 (debut 2012)
Rétrofit	Pas de rétrofit	Rétrofit du R-22 à partir de 2010 sur 20 ans par le R-507	- Rétrofit du R22 : à partir de 2008 sur 15 ans par le R-507 - Rétrofit du R-404A à partir de 2012 sur 25 ans par blend 4

Industries brasseries			
Marché de fluides pour les équipements neufs en 2022	60 % de R-404A, 40 % de R-717	30 % de R-404A , 70 % de R-717	30 % de R-404A , 50 % de R-717, 20 % de blend 4 (debut 2012)
Réetrofit	Pas de retrofit	Retrofit du R-22 à partir de 2010 sur 20 ans par le R-507	- Retrofit du R22 : à partir de 2008 sur 15 ans par le R-507 - Retrofit du R-404A à partir de 2012 sur 25 ans par blend 4
Industries chocolateries			
Marché de fluides pour les équipements neufs en 2022	100 % de R-404A	85 % de R-404A , 15 % de R-717	60 % de R-404A , 15 % de R-717, 25 % de blend 4 (debut 2012)
Réetrofit	Pas de retrofit	Retrofit du R-22 à partir de 2010 sur 20 ans par le R-507	- Retrofit du R22 : à partir de 2008 sur 15 ans par le R-507 - Retrofit du R-404A à partir de 2012 sur 25 ans par blend 4
Procédés industriels			
Marché de fluides pour les équipements neufs en 2022	Industrie 1 : 47 % de R-134a, 23 % de R-404A, 5 % de R-410A, 20 % de R-407C, 5 % de R-717 Industrie 2 : 65 % de R-134a, 35 % de R-717 Industrie 3 : 95 % R-134a, 5 % de R-717	Industrie 1 : 95 % de R-134a, 5 % de 717 Industrie 2 : 55 % de R-404A , 45 % de R-717 Industrie 3 : 90 % R-134a, 10 % de R-717	Industrie 1 : 40 % de R-134a, 5 % de R-717, 30 % de R-422A, 25 % de blend 4 Industrie 2 : 5 % de R-134a, 35 % de R-717, 35 % de R-422A, 25 % de blend 4 Industrie 3 : 80 % R-134a, 20 % de R-717
Réetrofit	Pas de retrofit	Retrofit du R-22 à partir de 2010 sur 20 ans par du R-404A	- Retrofit du R22 : à partir de 2008 sur 15 ans par le R-507 - Retrofit du R-404A à partir de 2012 sur 25 ans par blend 4
Patinoires			
Marché de fluides pour les équipements neufs en 2022	50 % de R-134a, 20 % de R-404A, 25 % de R-507, 5 % de R-717	50 % R-134a , 20 % 427A (début en 2010) 30 % 422A (début en 2010)	30 % de R-422A (début 2009) 20 % de R-427A (début 2009) 50 % de blend 4 (début 2012)
Réetrofit	Pas de retrofit	Retrofit du R-22 à partir de 2009 sur 7 ans par le R-507 puis le R-427A	Retrofit du R-22 à partir de 2009 sur 7 ans par le R-507 puis le R-427A
Tank à lait			
Marché de fluides pour les équipements neufs en 2022	100 % de R-404A	100 % de R-404A	30 % de R-422A, 70 % de blend 4
Réetrofit	Pas de retrofit	Pas de retrofit	pas de retrofit

Les tables de retrofit sont établies, dans les scénarios 2 et 3, de façon à permettre une conversion régulière des installations au cours des 20 ou 25 années de retrofit supposées dans chaque scénario, selon les industries.

5.2 Demande de fluides frigorigènes

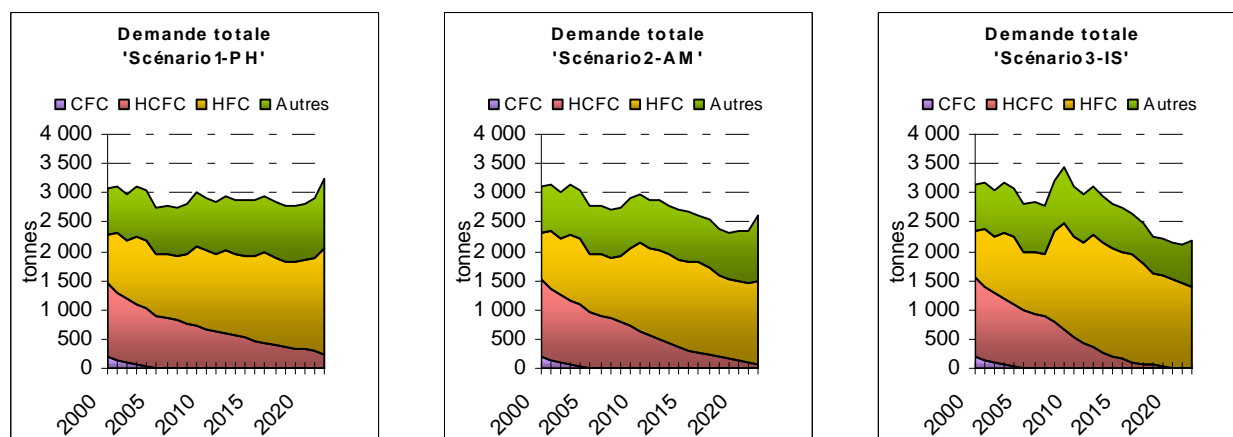


Figure 5.2 - Projections du marché des fluides frigorigènes (en tonnes de fluide frigorigène)

Tableau 5.3 - Marché des fluides frigorigènes à l'horizon 2015 et 2022

Année 2015	Marché HCFC Froid Industriel (t)		
Scénario 1 - PH	478,1		
Scénario 2 - AM	311,2		
Scénario 3 - IS	160,4		

Année 2022	HCFC(t)	HFC(t)	Autres(t)
Scénario 1 - PH	224,9	1 832,5	1 166,7
Scénario 2 - AM	71,1	1 413,9	1 124,4
Scénario 3 - IS	0,0	1 396,5	777,2

La demande totale annuelle en fluides frigorigènes est estimée à 2 600 tonnes dans le scénario 2 dit « réaliste ». La demande en R-22, est réduite de 70 % par rapport au scénario 1. La demande annuelle de HCFC pour le froid industriel varie de 640 t en 2010 à 311 t en 2015, avec près de 90 % demandée par l'agroalimentaire.

La demande de HCFC est de 500 tonnes en 2015 pour les besoins de la maintenance estimée par le scénario 1. Elle peut être réduite au tiers si les opérations de conversion des installations anciennes au R-22 sont engagées dès 2008 (cf. scénario 3).

5.3 Banque

La banque de fluides frigorigènes dans les industries agroalimentaires et les procédés industriels est importante et représente, en 2007, 24 % de la banque totale. L'ammoniac y est estimé à 3 900 tonnes dans ce secteur aujourd'hui et pourrait croître jusqu'à 4 900 tonnes dans 15 ans, selon les prévisions du scénario 3.

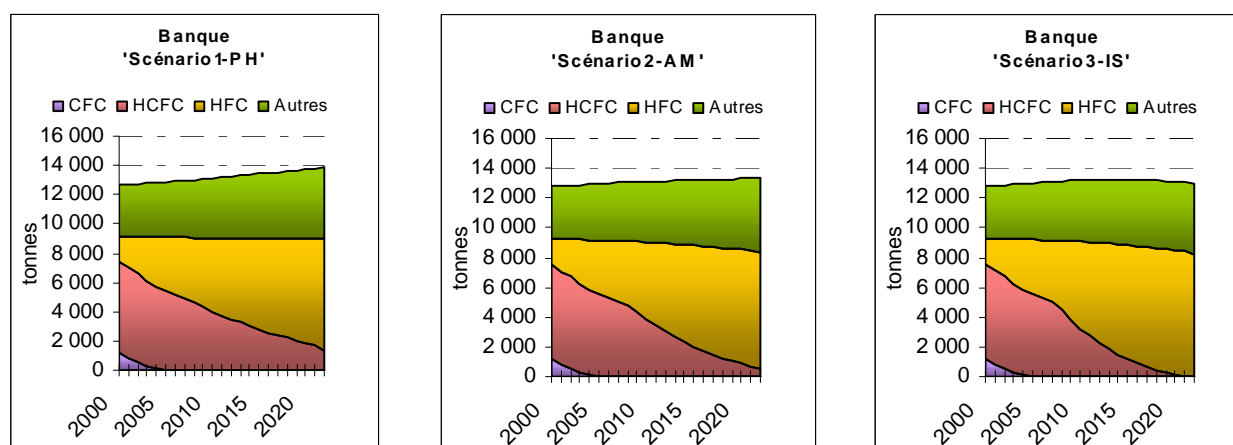


Figure 5.3 - Projections de la banque de fluides (en tonnes de fluides frigorigènes)

Tableau 5.4 - Banque des fluides frigorigènes à l'horizon 2022

Année 2015	Banque HCFC Froid Industriel (t)
Scénario 1 - PH	2 818,3
Scénario 2 - AM	2 023,7
Scénario 3 - IS	1 177,6

Année 2022	HCFC(t)	HFC(t)	Autres(t)
Scénario 1 - PH	1 333,3	7 669,9	4 892,4
Scénario 2 - AM	495,0	7 808,3	5 056,7
Scénario 3 - IS	0,7	8 240,9	4 719,6

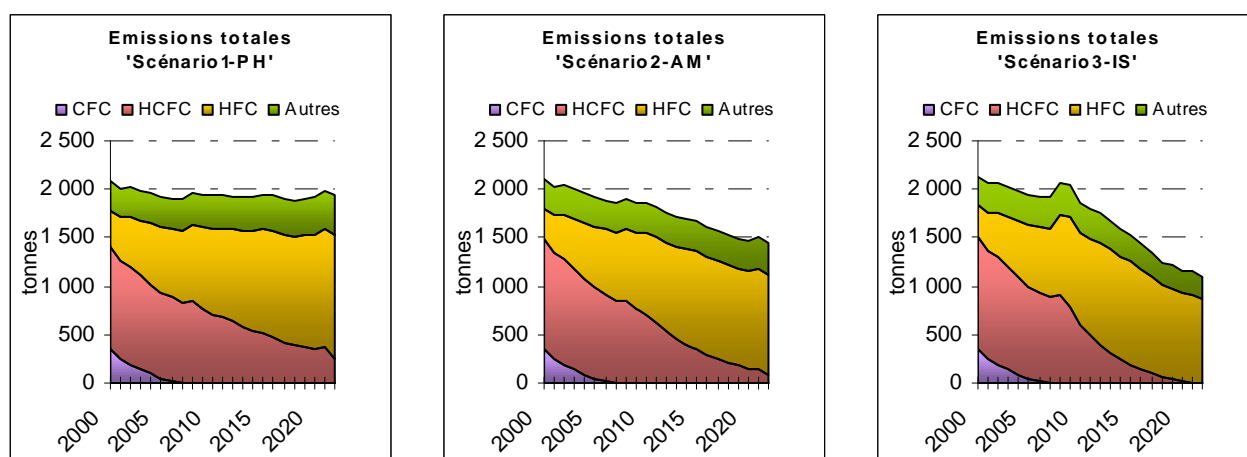
Sans organiser d'opérations de conversion des installations de R-22 (cf. scénario 1), la banque de HCFC en 2015 pourrait être encore très significative, avec près de 2800 tonnes. Passé cette date, la recharge des installations aux HCFC est interdite. Un problème majeur va alors apparaître dans ce secteur si la conversion ou le remplacement des installations n'a pas été anticipé.

En débutant la conversion des installations en 2010 et au rythme de 5 % par an, c'est-à-dire en étalant sur 20 ans la conversion de l'ensemble du parc des installations au R-22, la banque de fluides en 2015 est réduite de 30 % par rapport au scénario 1, mais c'est encore 2 000 tonnes de R-22 présent dans les installations de froid industriel. En accélérant les conversions sur 15 ans et, surtout, en les débutant dès 2008, le scénario 3 montre que la banque résiduelle de R-22 pourrait être réduite de 60 %.

5.4 Emissions des fluides frigorigènes

Les scénarios 2 et 3 prennent en compte l'amélioration de l'étanchéité des installations frigorifiques et de la récupération en fin de vie ou à l'occasion des changements de fluides, le scénario 3 de façon plus marquée.

Alors que dans le scénario 1 les émissions de fluides sont estimées à 2 300 tonnes par an, dans le scénario 3, les émissions pourraient être ramenées à environ 1 300 tonnes en 2022.



Dans les scénarios 2 et 3, le niveau d'émissions connaît un sursaut entre 2008 et 2012 en raison des volumes de fluides manipulés lors de la conversion des installations anciennes ainsi qu'à un pic d'émissions des installations arrivant en fin de vie. Le taux d'émissions fugitives reste toutefois inférieur à celui du scénario 1.

5.5 Émissions des fluides frigorigènes en équivalent CO₂

Les dernières installations aux CFC ont été converties ou remplacées en 2006. Jusqu'à cette date, les émissions associées à la disparition de ces installations ont eu un impact significatif sur les émissions en équivalent CO₂ compte tenu de leur fort GWP.

Après 2006, les émissions en équivalent CO₂ auraient oscillé entre 3 et 3,8 millions de tonnes par an selon le scénario 1. Les résultats donnés dans le scénario 2 ne sont pas significativement meilleurs étant donnés les forts GWP des HFC remplaçant le R-22. Par contre, l'introduction de fluides à faible GWP sur le marché neuf et de conversion dans le scénario 3 permet de réduire significativement les émissions équivalent CO₂ à moins de 2 millions de tonnes.

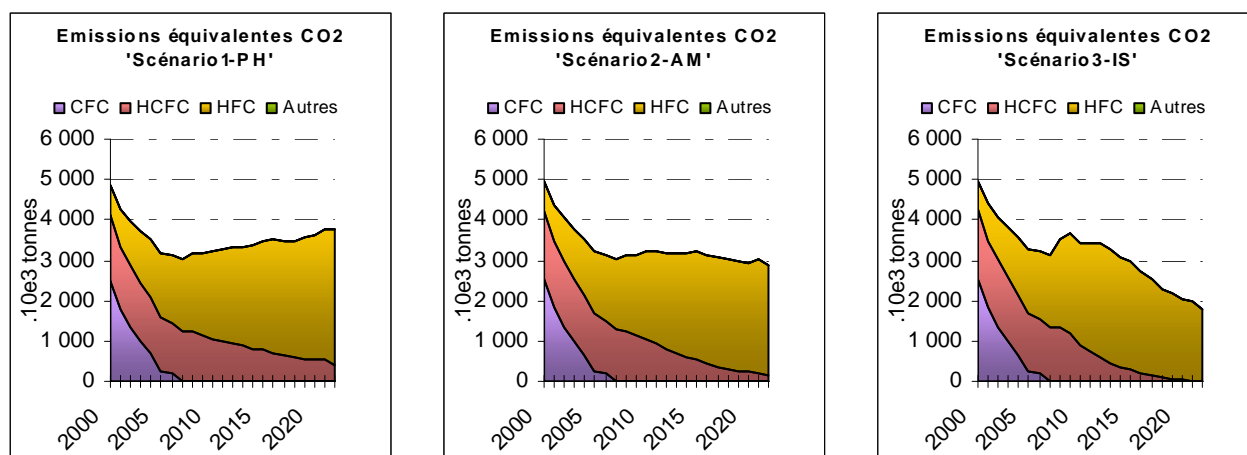


Figure 5.5 - Projections des émissions en équivalent CO₂ (en milliers de tonnes)

5.6 Récupération des fluides frigorigènes

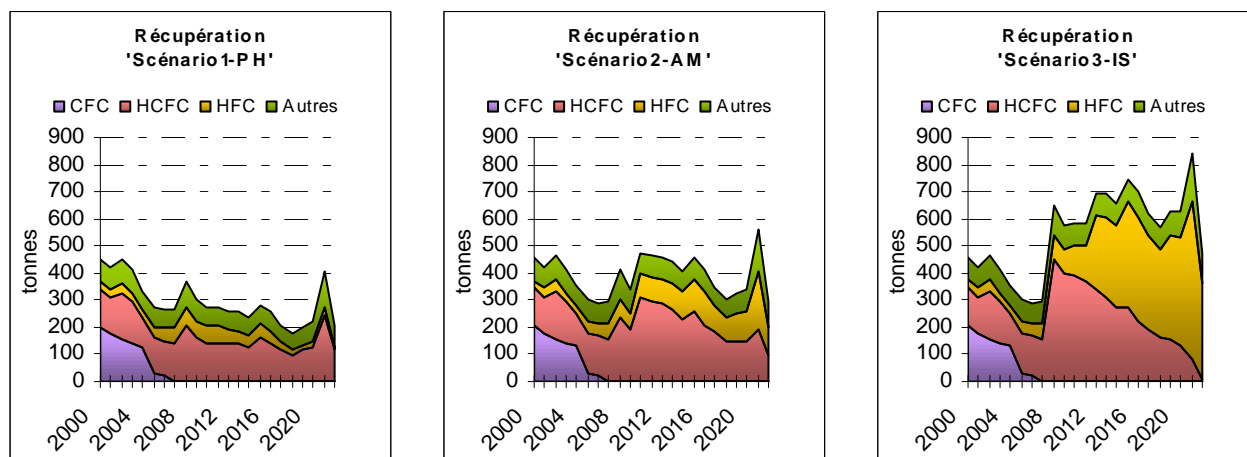


Figure 5.6 - Projections de la récupération des fluides frigorigènes (en tonnes de fluides frigorigènes)

La figure 5.7 correspond au scénario 2, le plus réaliste, dont les hypothèses liées aux rythmes de conversion d'installations ont été modifiées de façon à mieux correspondre à la situation actuelle de l'industrie qui n'envisage pas de programmer ses conversions d'installations dès 2008. La figure montre que les quantités récupérées ne permettront pas alors de satisfaire la demande liée à la maintenance des installations.

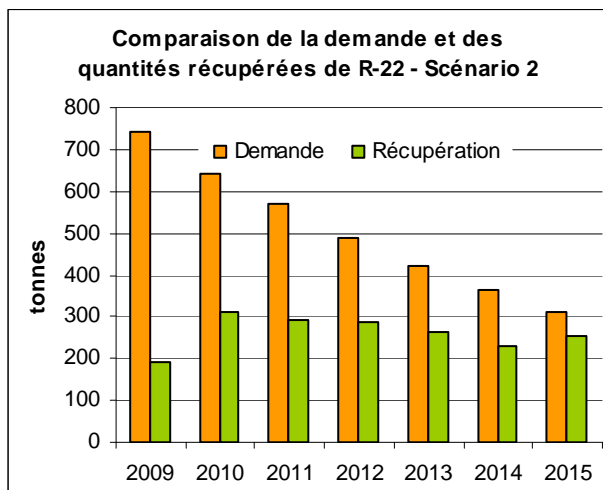


Figure 5.7 – Comparaison des volumes de R-22 récupérés et de la demande potentielle pour la maintenance dans le SCENARIO 2

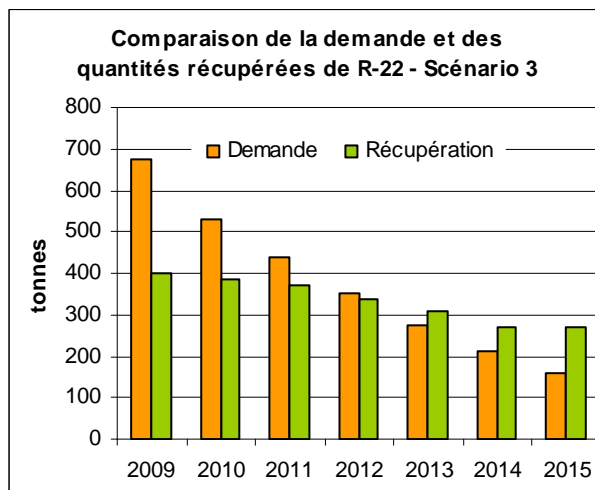


Figure 5.8 – Comparaison des volumes de R-22 récupérés et de la demande potentielle pour la maintenance dans le SCENARIO 3

La figure 5.8, correspondant au scénario 3, indique par contre, que, globalement, le R-22 récupéré lors des opérations de rétrofit ou de remplacement d'installations devrait permettre d'alimenter le marché de la maintenance entre 2010 et 2015 si les conversions sont programmées à partir de 2008. Il est donc nécessaire, pour que l'industrie ne subisse pas un manque de R-22, de programmer au plus tôt les conversions et d'en accélérer le rythme.

6. GROUPES REFROIDISSEURS D'EAU (GRE)

6.1 Hypothèses de projection

Les projections des marchés d'équipement sont établies à partir des tendances données par l'évolution récente du marché et de la production. Dans le cas des GRE de basse puissance, des prévisions données par Clim Info [CLI08] conduisent à faire évoluer les marchés 2006-2007 et les projections à l'horizon 2022, montant à 9 000 unités le marché estimé des GRE de basse puissance en 2022. Cette estimation est à confirmer par les prochaines prévisions de 2008 et 2009.

Les hypothèses de calcul pour les projections sont présentées ci-dessous pour les quatre types de GRE : centrifuges et à compressions volumétriques de forte puissance (HP), moyenne puissance (MP) et faible puissance (BP). La réduction de charge est possible pour les GRE à détente sèche et envisagée dans les deux scénarios. La charge unitaire pourrait être divisée par deux, à puissance frigorifique identique, par comparaison avec un système ancien, produit au début des années 90. Ceci fait partie des hypothèses du scénario 3.

Tableau 6.1 – Hypothèses pour les projections

HORIZON 2022	Scénario "Sans mesures"	Scénario "Application des mesures"	Scénario "Incitations supplémentaires"
Groupes d'eau glacée centrifuges			
Taux d'émissions fugitives (%)	5 à 10	3 à 8	3 à 8
Efficacité de récupération en fin de vie (%)	80	80	90
Ratio (kg/kW)	0,25	0,25	0,2
Groupes d'eau glacée à compression volumétrique			
Taux d'émissions fugitives (%)	8 (HP, MP) 10 (BP)	5 (HP, MP) 10 (BP)	5 (HP, MP) 5 (BP)
Efficacité de récupération en fin de vie (%)	50 (MP, BP) 80 (HP)	80 (MP, BP) 80 (HP)	90 (MP, BP) 90 (HP)
Ratio (kg/kW)	0,3 (BP,MP) 0,25 (HP)	0,25 (BP,MP) 0,2 (HP)	0,15 (BP,MP) 0,1 (HP)

L'amélioration des ratios de charge, donnée dans le tableau 6.1 pour le scénario 2, n'était pas respectée dans le calcul des précédents inventaires. De même, le taux d'émission réduit à 5 % au lieu de 10 n'était pas pris en compte dans le scénario 3 pour les GRE BP. Ces points ont été corrigés dans les projections 2021.

Les hypothèses concernant les fluides frigorigènes sont données au tableau 6.2. Le R-22 a été largement utilisé jusqu'en 2000 dans les GRE. Il est possible d'effectuer une conversion de ces installations, sans rinçage de l'huile et avec changement progressif de l'huile alkyl benzène vers une huile POE (polyolester), avec du R-422A ou du R-417A. Le R-407C est aussi un bon candidat mais impose un rinçage complet du circuit avant de changer l'huile. Il est supposé que ces rétrofits sont réalisés dans les deux scénarios régulièrement au cours d'une période de 10 ans, mais dans le scénario 3, avec deux années d'anticipation par rapport au scénario 2 "réaliste".

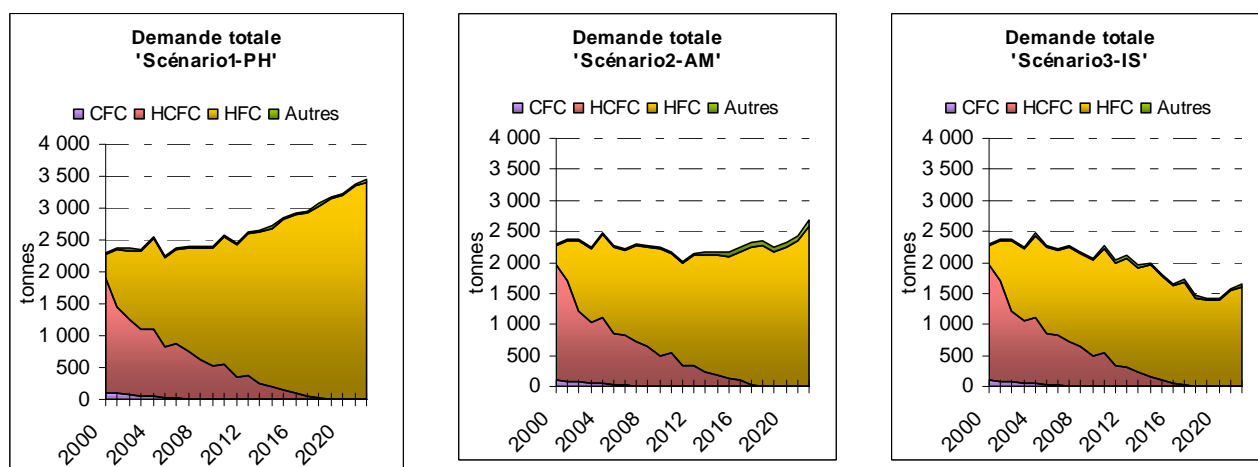
Les GRE centrifuges, fonctionnant le plus souvent avec des échangeurs noyés, sont très difficilement convertibles avec des mélanges zéotropes. Il n'est donc pas proposé d'amélioration dans le scénario 2 "réaliste". Cependant, les candidats au remplacement du R-134a en climatisation automobile peuvent potentiellement être utilisés dans les GRE centrifuges, c'est ce qui est proposé au scénario 3.

Tableau 6.2 : Hypothèses sur l'évolution des fluides frigorigènes pour les projections

	Scénario 1 "Pratiques habituelles"	Scénario 2 "Application des mesures"	Scénario 3 "Incitations supplémentaires"
Groupes d'eau glacée centrifuges			
Marché de fluides équipements neufs en 2022	100 % de R-134a	100 % de R-134a	50 % de R-134a / 50 % BLD1 (1234yf)
Rétrofit	Pas de rétrofit	Rétrofit des CFC jusqu'en 2010 vers du R-134a	Rétrofit des CFC jusqu'en 2010 vers du R-134a
Groupes d'eau glacée à compression volumétrique faible puissance			
Marché de fluides équipements neufs en 2022	40 % de R-407C, 60 % de R-410A	90 % de R-410A, 10 % de R-407C	73 % de BLD3 (introduit à partir de 2012 en remplacement du R-407C et en 2015 en remplacement du R-410A), 2 % R-407C, 25 % R-410A
Rétrofit	Pas de rétrofit	Rétrofit du R-22 à partir de 2012 sur 10 ans par du R-422A	Rétrofit du R-22 à partir de 2010 sur 10 ans par du R-422A
Groupes d'eau glacée à compression volumétrique moyenne puissance			
Marché de fluides équipements neufs en 2022	70 % de R-410A, 30 % de R-407C,	90 % de R-410A, 10 % de R-407C	73 % de BLD3 (introduit à partir de 2012 en remplacement du R-407C et en 2015 en remplacement du R-410A), 2 % R-407C, 25 % R-410A
Rétrofit	Pas de rétrofit	Rétrofit du R-22 à partir de 2012 sur 10 ans par du R-422A	Rétrofit du R-22 à partir de 2010 sur 10 ans par du R-422A
Groupes d'eau glacée à compression volumétrique forte puissance			
Marché de fluides équipements neufs en 2022	70 % de R-407C, 28 % de R-134a, 2 % de R-717	20 % de R-407C, 40 % de R-134a, 8 % de R-717, 32 % de R-410A	68 % BLD3 introduit à partir de 2012 en remplacement du R-407C et en 2015 en remplacement du R-410A), 9 % R-410A, 7 % R-717, 11 % R-134a, 5 % R-407C.
Rétrofit	Pas de rétrofit	Rétrofit du R-22 à partir de 2016 sur 10 ans par du 134a dans la base	Rétrofit du R-22 à partir de 2014 sur 10 ans par du R-134a

6.2 Demande en fluides frigorigènes

La demande en fluides frigorigènes pour les installations neuves et pour la recharge des systèmes existants est majoritairement une demande de R-22, au début des années 2000.



Dans le scénario réaliste (scénario 2), la demande de fluides varie entre 2 000 et 2 700 tonnes par an (de 2000 à 2022). Cette demande pourrait diminuer à 1 600 tonnes si la charge des équipements neufs est encore réduite (scénario 3). Cela est possible grâce à l'utilisation d'échangeurs à micro canaux qui permettent de limiter la charge en fluide contenu dans les échangeurs. Les tableaux 6.3 montrent qu'une demande de HCFC relativement faible existe dans les trois scénarios en 2015.

Tableau 6.3 - Marché des fluides frigorigènes à l'horizon 2015 et 2022

Année 2022	HCFC(t)	HFC(t)	Autres(t)
Scénario 1 - PH	0,0	3 410,9	37,3
Scénario 2 - AM	0,0	2 578,7	96,5
Scénario 3 - IS	0,0	1 600,4	51,5

Année 2015	Demande HCFC Chillers (t)
Scénario 1 - PH	147,8
Scénario 2 - AM	121,8
Scénario 3 - IS	99,3

En 2015, la majorité des GRE fonctionnant encore au R-22 sont de fortes puissances, à vis ou centrifuges. Leur conversion vers des mélanges de HFC n'est pas facile car ces systèmes fonctionnent avec des échangeurs noyés et leurs performances sont assez dégradées avec les mélanges zéotropes. La demande de fluide en 2015 pour ces unités de fortes puissances est estimée à environ 150 tonnes. A moins d'un confinement parfait du système, leur remplacement par une unité neuve devra être envisagé. En 2022, les dernières installations au R-22 devraient arriver en fin de vie.

6.3 Banque

L'évolution de la banque de fluides sur 20 ans montre bien le remplacement progressif du R-22 par les HFC dans les GRE, à partir de 1998. Cette banque représente environ 10 000 tonnes de fluide, chiffre qui pourrait augmenter à 12 000 si la croissance récente du marché se confirme dans les années qui viennent. Dans le scénario 3, les changements technologiques permettent de réduire la charge en fluide, ce qui limite ainsi la banque de HFC à environ 9 300 t en 2022.

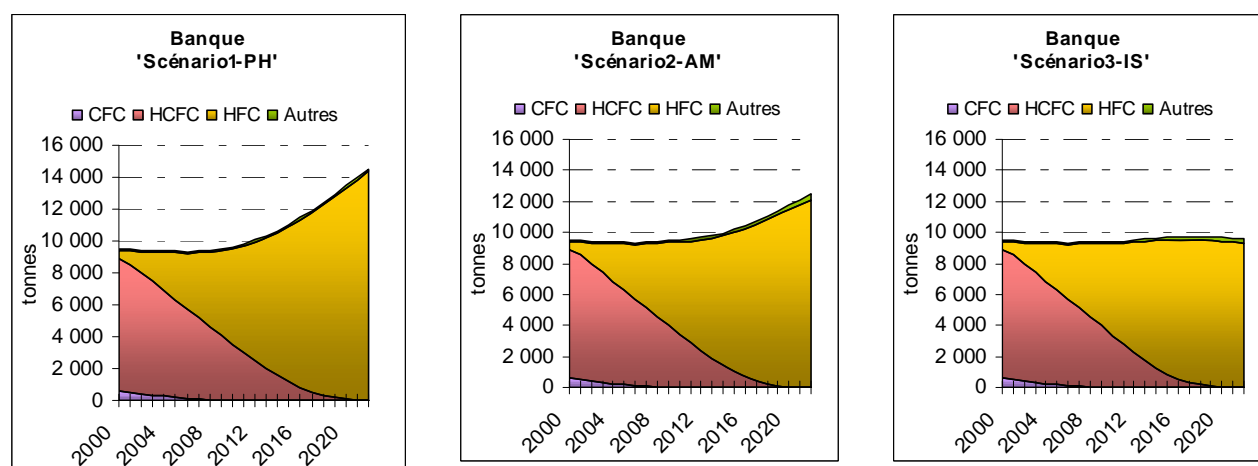


Figure 6.2 - Projections de la banque de fluides (en tonnes de fluides frigorigènes)

Tableau 6.4 - Banque des fluides frigorigènes à l'horizon 2022

Année 2022	HCFC(t)	HFC(t)	Autres(t)
Scénario 1 - PH	0,0	14 362,8	167,3
Scénario 2 - AM	0,0	12 055,1	389,3
Scénario 3 - IS	0,0	9 334,2	252,6

Année 2015	Banque HCFC Chillers (t)
Scénario 1 - PH	1 152,9
Scénario 2 - AM	1 029,6
Scénario 3 - IS	815,8

L'arrêt d'utilisation du R-22 en 2015 va poser un problème aux industriels utilisateurs de GRE de fortes puissances. En effet, la banque de R-22 est estimée encore à 1 030 tonnes en 2015 dans le scénario réaliste, et cela malgré les conversions d'installations qui étaient possibles. Ces installations ont entre 15 et 25 ans. Les plus anciennes pourront être remplacées par des installations neuves, mais celles dont la valeur est encore significative seront confinées pour limiter au maximum les pertes de fluides et les maintenir en fonctionnement quelques années de plus.

Etant données les durées de vie des GRE à compression volumétrique (≤ 20 ans), les derniers GRE au R-22 mis sur le marché arriveront naturellement en fin de vie en 2022. Les hypothèses du scénario 3 permettent de gagner seulement 20 % sur la banque résiduelle de R-22 en 2015. L'élimination des GRE MP au R-22 se produit dès 2016, celle des BP en 2017 et les HP en 2022. Dans les deux scénarios, la banque résiduelle de 1,4 t de R-22 en 2022 est celle des GRE centrifuge.

6.4 Émissions des fluides frigorigènes

La mise sur le marché des GRE de nouvelle génération (HFC) avec un niveau d'étanchéité amélioré par rapport aux anciennes machines au R-22, devrait permettre de diviser le niveau d'émissions par deux en 2015 par rapport à 2000.

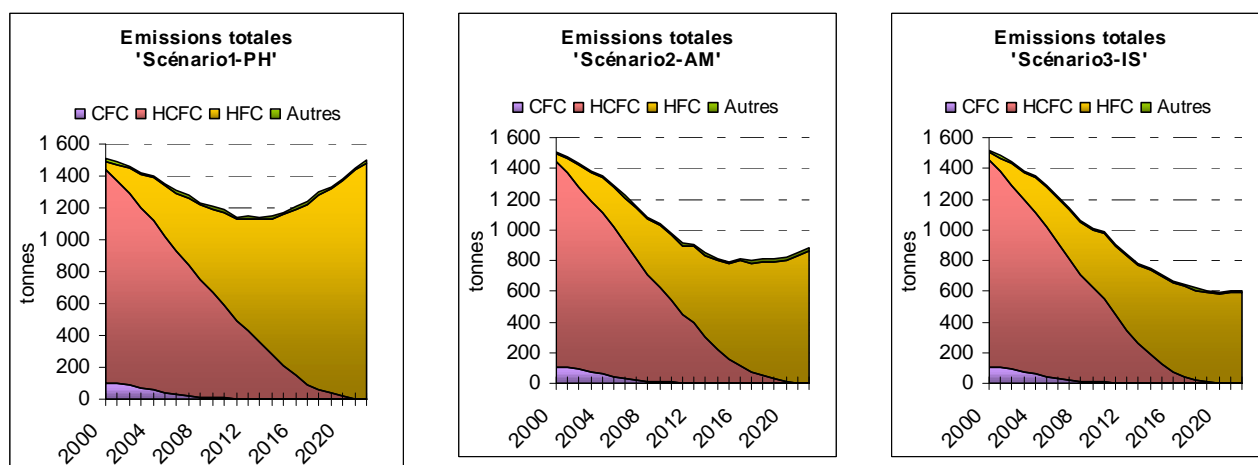


Figure 6.3 - Emissions des fluides frigorigènes (en tonnes de fluides frigorigènes)

Selon le scénario des pratiques habituelles (scénario 1), le niveau d'émission des GRE devrait atteindre 1 500 tonnes en 2022. Dans le scénario 3, "incitations supplémentaires", les émissions de HFC peuvent être ramenées à 600 tonnes par an en 2022.

6.5 Émissions des fluides frigorigènes en équivalent CO₂

L'introduction du R-134a en remplacement du R-12 permet de réduire le niveau d'émissions équivalentes CO₂ des GRE. Le GWP des HFC remplaçant le R-22 est légèrement supérieur. Pour les groupes centrifuges, le passage au R-134a après le R-11 et R-12 a permis de réduire énormément l'impact des émissions de fluides.

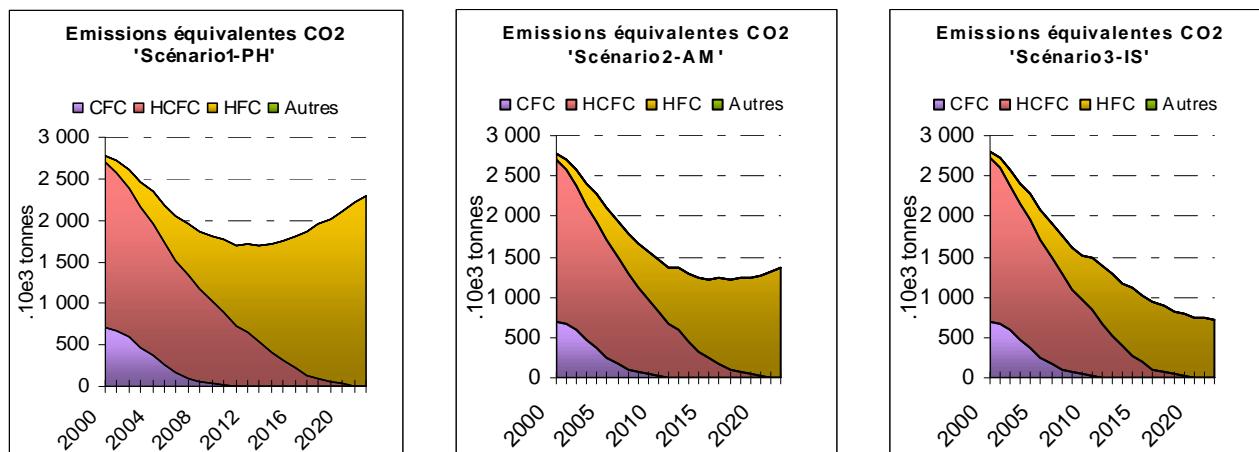


Figure 6.4 - Projections des émissions en équivalent CO₂ (en milliers de tonnes)

En 2022, selon le scénario réaliste (scénario2), le niveau d'émissions en équivalent CO₂ devrait s'établir à 1,3 million de tonnes par an environ et pourrait descendre à 0,7 million selon les résultats du scénario "incitations supplémentaires".

6.6 Récupération des fluides frigorigènes

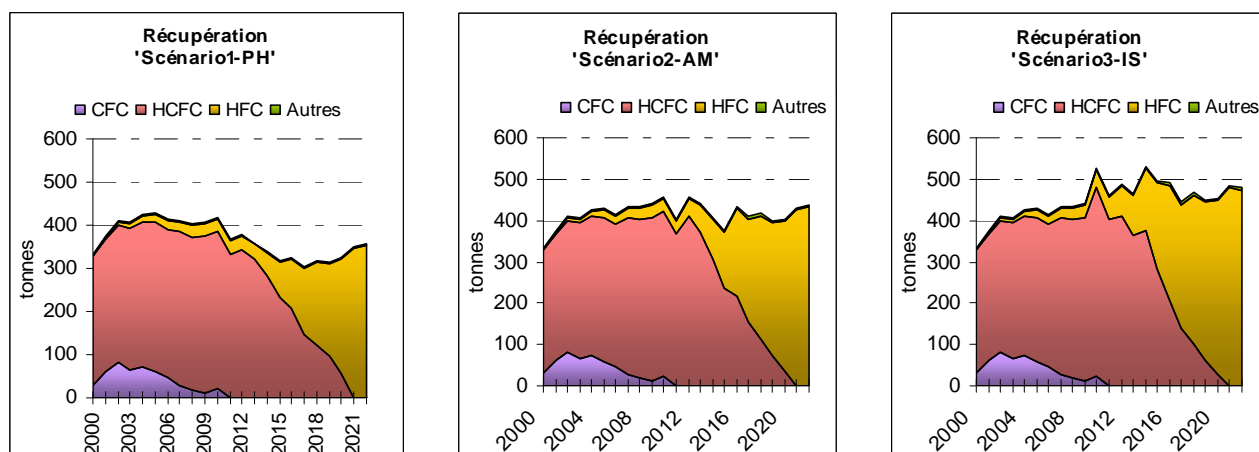


Figure 6.5 - Projections de la récupération des fluides frigorigènes

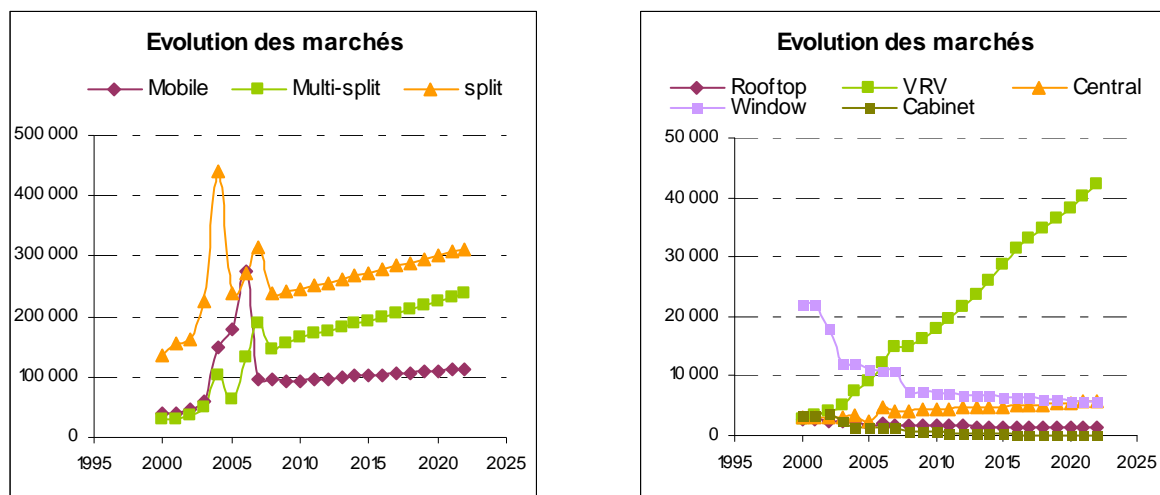
Compte tenu de la quantité importante de R-22 dans les installations existantes, la récupération de ce fluide est significative dans la période de 2009 à 2015. Dès 2010, le scénario 2 "réaliste" prévoit des quantités de HCFC récupérées de 400 tonnes, égales ou supérieures à la demande globale du secteur pour la maintenance de ses installations. Cependant, la nouvelle réglementation limitant les transferts de fluides frigorigènes entre installations, ne permet pas de conclure totalement sur le niveau de satisfaction de la demande.

7. LA CLIMATISATION FIXE

7.1 Introduction

La dernière mise à jour des chiffres du marché de climatisation a montré une baisse des ventes de véhicules comparativement aux anciennes prévisions. Ceci a été pris en compte pour les scénarios avec aussi une réduction de la croissance projetée des marchés. Le nombre de véhicules vendus à l'horizon 2022 est donc inférieur.

La figure 7.1 présente l'évolution du marché d'équipements neufs de 2000 à 2022. L'annexe 5 rappelle les hypothèses considérées lors des précédents inventaires et souligne la difficulté d'établir les projections des marchés de certains équipements.



Les unités de climatisation à air ont été regroupées sous trois catégories en fonction de leurs caractéristiques. Ces catégories sont seulement utiles pour définir des hypothèses de projection communes, mais les calculs sont menés équipement par équipement.

Les appareils de climatisation domestique compacts tels que les mobiles et les climatiseurs de fenêtre sont des appareils dont le circuit est généralement entièrement soudé. Jusqu'à présent, ils ne sont pas soumis à la réglementation de récupération du fluide en fin de vie. A partir de juillet 2007, cette récupération sera obligatoire. Les hypothèses de calcul pour les projections sont présentées ci-après.

Tableau 7.1 - Hypothèses pour les projections

	Scénario "Pratiques habituelles"	Scénario "Application des mesures"	Scénario "Incentations supplémentaires"
Climatisation domestique et appareils compacts			
Taux d'émissions fugitives (%)	2	2	2
Efficacité de récupération en fin de vie (%)	0	10	30
Climatisation domestique type split			
Taux d'émissions fugitives (%)	8 à 10	5	5
Efficacité de récupération en fin de vie (%)	0	30	50
Climatisation commerciale			
Taux d'émissions fugitives (%)	8 (RT) 10 (VRV)	5 (RT) 10 (VRV)	5 (RT) 8 (VRV)
Efficacité de récupération en fin de vie (%)	30	80	90

Le R-410A est le fluide principalement utilisé dans les unités de petites puissances. La conversion des systèmes au R-22 n'est réaliste que sur les unités de climatisation

commerciale dont la durée de vie est supérieure à 15 ans. Les hypothèses de rétrofit concernent donc seulement les équipements de type split ou de climatisation commerciale. La plupart des petites unités (split) seront en fin de vie en 2015. Cependant, la hausse du prix du R-22 à partir de 2010 peut encourager la conversion d'appareils comme les multi-splits ou les roof top vers un système au R-417A, mélange « drop-in », qui ne nécessite pas le changement d'huile du circuit. Les rétrofits seront donc envisagés dès 2010 pour le scénario 3 et en 2012 pour le scénario 2.

Tableau 7.2 – Hypothèses sur l'évolution des fluides frigorigènes pour les projections

	Scénario 1 "Pratiques habituelles"	Scénario 2 "Application des mesures"	Scénario 3 "Incitations supplémentaires"
Climatisation domestique et appareils compacts			
Marché de fluides équipements neufs en 2022	100 % de R-410A	100 % de R-410A	60 % de BLD3 en 2022 en remplacement du R-410A
Rétrofit	Pas de rétrofit	Pas de rétrofit	Pas de rétrofit
Climatisation domestique type split			
Marché de fluides équipements neufs en 2022	50 % de R-410A 50 % de R-407C	50 % de R-410A , 50 % de R-422A introduit en 2015	70 % de BLD3 (introduit à partir de 2012) en 2022 en remplacement du R-410A et du R-407C
Rétrofit	Pas de rétrofit	Rétrofit du R-22 à partir de 2012 sur 10 ans	Rétrofit du R-22 à partir de 2010 sur 7 ans
Climatisation commerciale			
Marché de fluides équipements neufs en 2022	10 % de R-134a, 60 % de R-407C, 30 % de R-410A	80 % de R-410A, 20 % de R-134a 100 % R-410A (RT)	50 à 60 % de BLD3 en 2022 en remplacement du R-410A et du R-407C
Rétrofit	Pas de rétrofit	Rétrofit du R-22 vers du R-417A A partir de 2012 sur 10 ans	Rétrofit du R-22 vers du R-417A à partir de 2010 sur 7 ans

Pour le marché des fluides dans les équipements neufs, le R-410A présente un GWP assez élevé. Dans le scénario 3, l'hypothèse est posée qu'un nouveau mélange, à plus faible GWP (300) et appelé ici « blend3 », sera disponible pour le marché de la climatisation.

7.2 Demande en fluides frigorigènes

La demande en fluides frigorigènes est en forte croissance dans le secteur de la climatisation fixe. Dans un scénario sans mesure (scénario 1), ce marché serait multiplié par 4 en 20 ans (de 2000 à 2022).

Avec l'application des mesures décrites dans le scénario 2 et principalement l'exigence de qualifications des opérateurs, les systèmes seraient alors maintenus plus étanches et la demande de fluides pour la maintenance serait réduite.

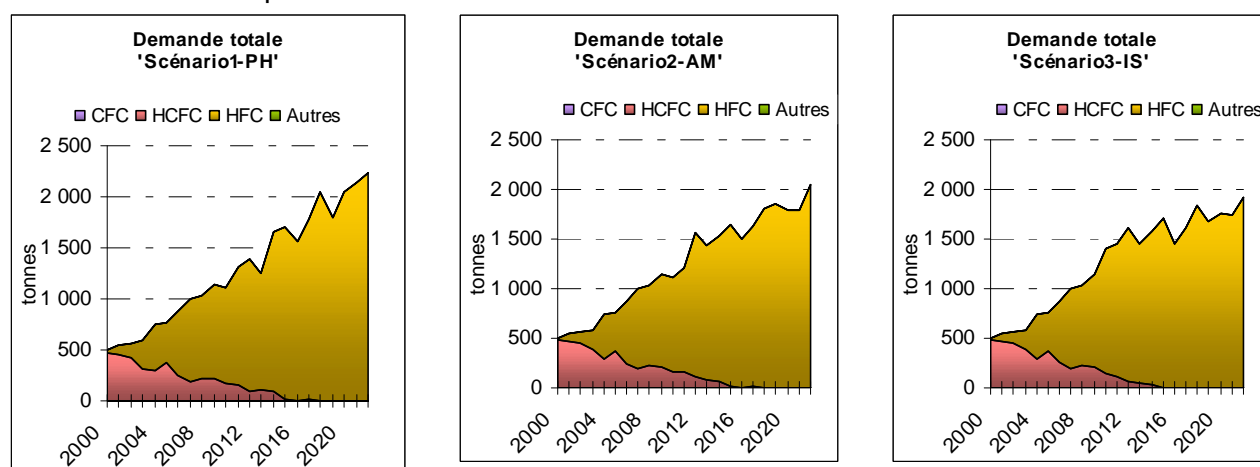


Figure 7.1 - Projections du marché neuf des fluides frigorigènes (en tonnes de fluides frigorigènes)

Tableau 7.3 - Marché neuf des fluides frigorigènes en 2022

Année 2022	HCFC(t)	HFC(t)	Autres(t)
Scénario 1 - PH	0,0	2 236,3	0,0
Scénario 2 - AM	0,0	2 051,3	0,0
Scénario 3 - IS	0,0	1 917,9	0,0

Année 2015	Demande HCFC Climatisation fixe(t)
Scénario 1 - PH	21,9
Scénario 2 - AM	13,1
Scénario 3 - IS	2,9

Compte tenu de la durée de vie des équipements, la demande en R-22 devrait être faible en 2015.

7.3 Banque

La banque de fluides frigorigènes est multipliée par quatre dans ce secteur, et devient un des premiers secteurs utilisateurs de fluides frigorigènes en 2022. Toutefois, les hypothèses de croissance du marché de la climatisation présentent une part d'incertitude, et ces chiffres de la banque doivent être considérés en tenant compte de ces incertitudes sur le marché à venir.

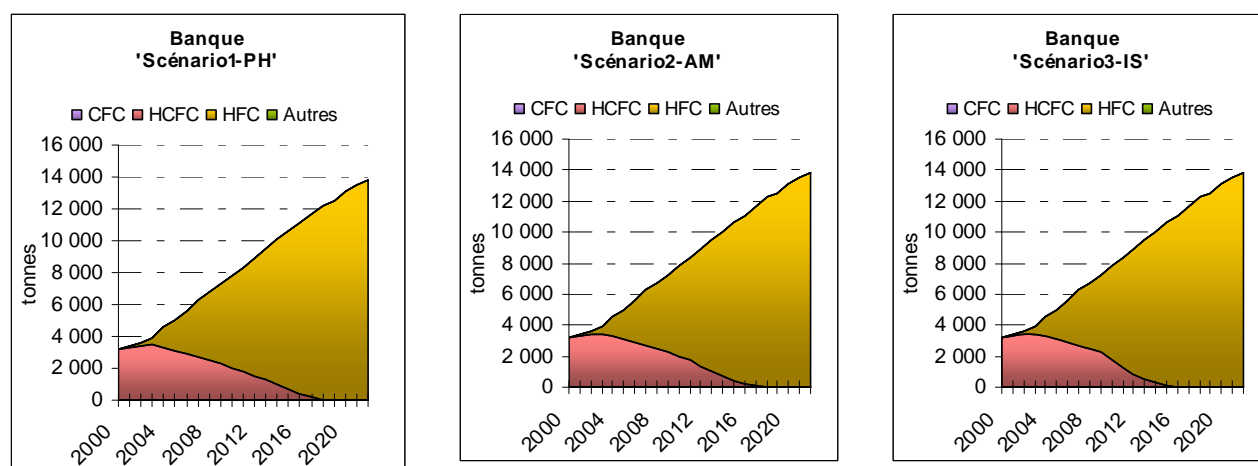


Figure 7.2 - Projections de la banque de fluides (en tonnes de fluides frigorigènes)

En 2015, selon le scénario 1, il subsisterait tout de même une banque de 698 tonnes de R-22 dans les systèmes de climatisation fixe si aucune opération de conversion n'est engagée avant. Dans les scénarios 2 et 3, les opérations de conversion planifiées conduisent à une banque de 405 tonnes de HCFC en 2015 dans le scénario 2 et à 109 tonnes dans le cas le plus optimiste du scénario 3.

7.4 Émissions des fluides frigorigènes

Les émissions de fluides frigorigènes évoluent comme la banque, c'est-à-dire avec une forte croissance. Elles atteignent 1 500 tonnes en 2022 selon le scénario réaliste, mais représente une amélioration de 25 % par rapport au scénario de référence. L'amélioration des pratiques, en particulier l'assurance d'avoir des opérateurs qualifiés et bien équipés pour la manipulation des fluides, est le facteur principal pour la réduction des émissions de fluides frigorigènes dans le secteur de la climatisation fixe.

Les émissions en fin de vie des équipements ont une importance relativement plus grande lorsque les systèmes disposent d'un bon niveau d'étanchéité initial. Les émissions fugitives sont comprises entre 2 % et 5 % sur des unités de climatisation à air où le circuit est majoritairement conçu avec des raccords brasés.

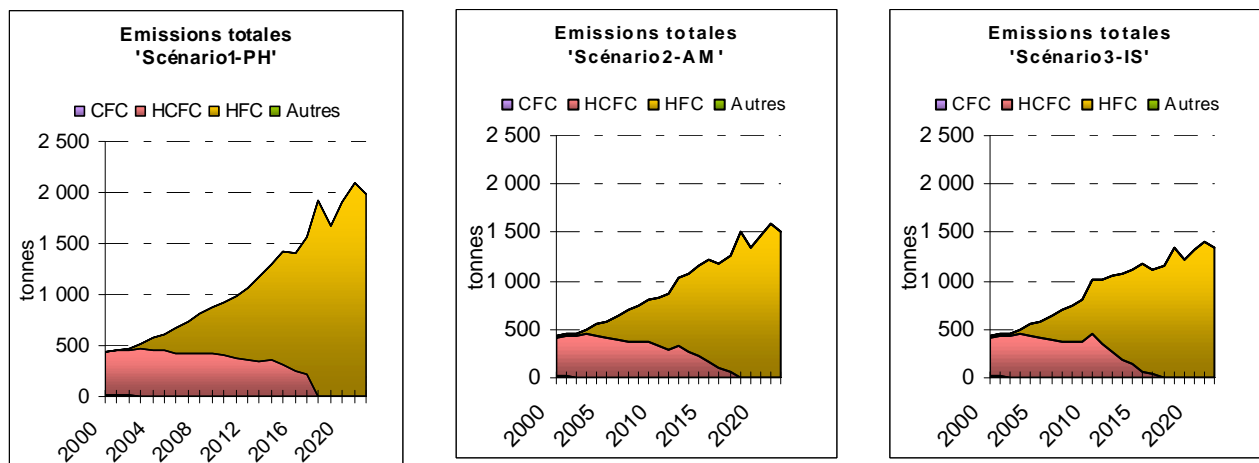


Figure 7.3 - Émissions des fluides frigorigènes (en tonnes de fluides frigorigènes)

7.5 Émissions des fluides frigorigènes en équivalent CO₂

Les émissions en équivalent CO₂ sont très peu différentes de l'allure des émissions de fluides car les GWP du R-407C et du R-410A sont assez proches de celui du R-22.

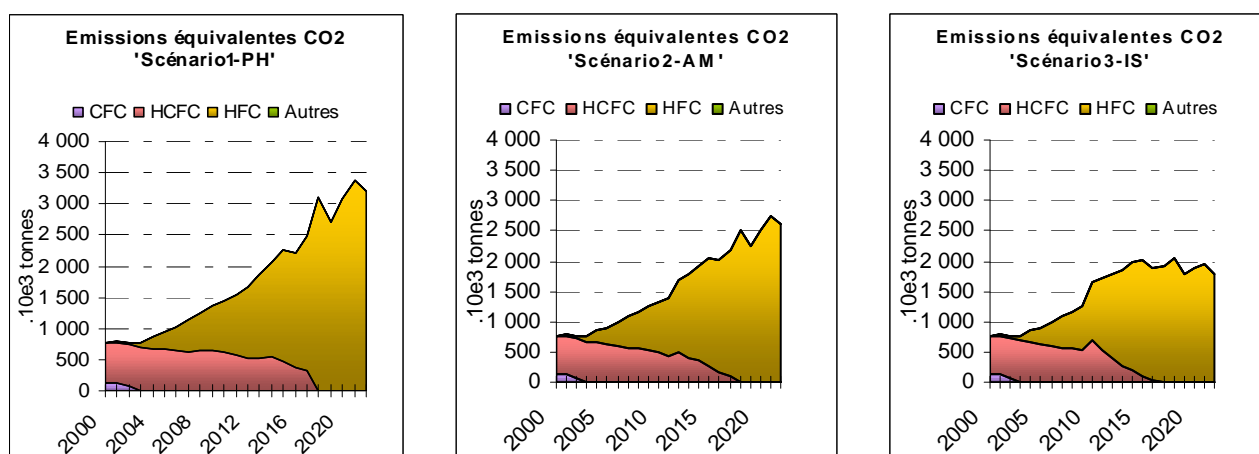


Figure 7.4 - Projections des émissions en équivalent CO₂ (en milliers de tonnes)

Le niveau d'émissions est assez important en 2022. Dans le scénario 1, il aurait atteint 3,2 millions de tonnes équivalent CO₂. L'amélioration de l'efficacité de récupération en fin de vie permet de ramener les émissions à 2,6 millions de tonnes équivalent CO₂ dans le scénario réaliste et à 1,8 millions dans le scénario le plus optimiste (cf. scénario 3).

7.6 Récupération des fluides frigorigènes

Sans opération de conversion, la récupération du R-22 en fin de vie des systèmes de climatisation à air aurait été inférieure à 60 tonnes par an en 2022 selon le scénario 1. La conversion des installations au R-22, à partir de 2012, pourrait générer un volume de fluide supplémentaire, jusqu'à 350 tonnes par an selon le scénario 2.

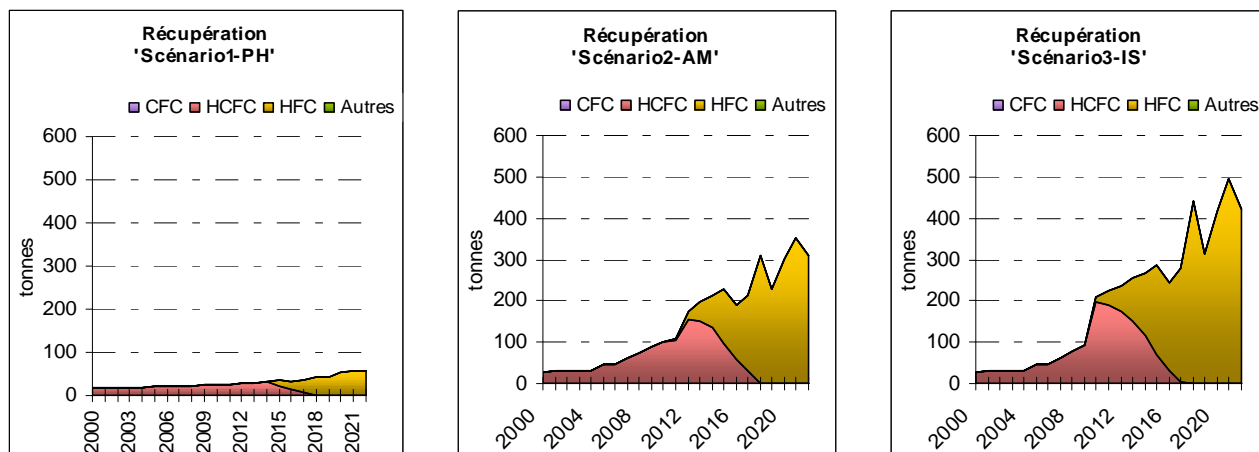


Figure 7.5 - Projections de la récupération des fluides frigorigènes

La récupération du R-22 dans ce secteur devrait permettre d'assurer les besoins de la maintenance d'un grand nombre d'installations sur la période 2010 à 2015. Cela suppose que la récupération soit menée de façon efficace. Sur des petites unités, cette récupération est plus difficile, souvent moins rentable et donc peu pratiquée.

8. LES POMPES A CHALEUR RESIDENTIELLES

8.1 Hypothèses de projection

Les projections des marchés de pompes à chaleur ont été revues avec la donnée des marchés 2006 et 2007 et des prévisions 2008 fournies par l'AFPAC [AFP08] qui montrent un ralentissement de la croissance par rapport aux niveaux observés en 2004 et 2005, excepté pour les pompes à chaleur de type air/sol et sol/sol.

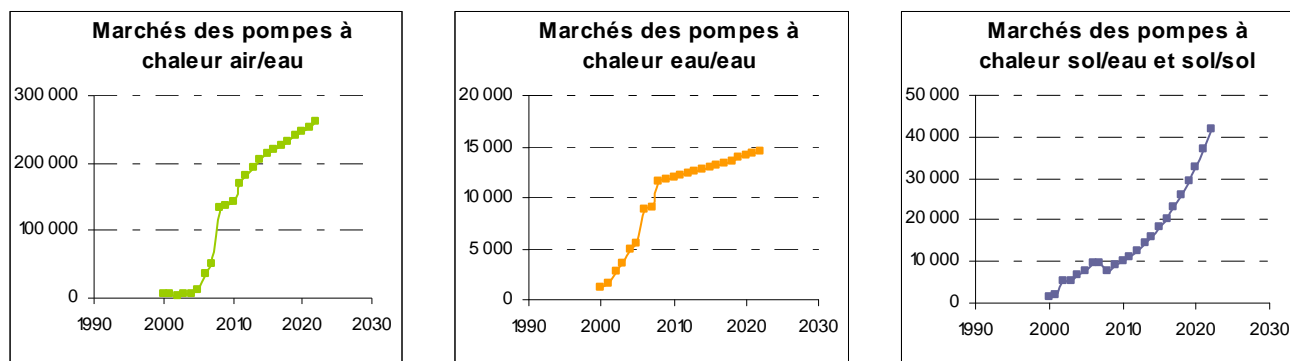


Figure 8.1 - Projections des marchés de pompes à chaleur résidentielles (PAC)

Les pompes à chaleur (PAC) sont des équipements extraits depuis les inventaires 2005 du secteur de la climatisation à air. Elles sont classées suivant 4 types pour lesquels les hypothèses sont données au tableau 8.1. Les taux d'émissions, déjà très bas, ne sont pas supposés évoluer.

Tableau 8.1 - Hypothèses pour les projections

PAC air/ eau et eau/eau			
Taux d'émissions fugitives (%)	2	2	2
Efficacité de récupération en fin de vie (%)	0	40	60
PAC sol/eau et sol/sol			
Taux d'émissions fugitives (%)	5	5	5
Efficacité de récupération en fin de vie (%)	0	30	50

Dans les trois scénarios, il sera considéré une réduction de la charge en fluide frigorigène liée à la prévision de la réduction de puissance des PAC, mais plus lente dans le scénario 1. En moyenne, la charge passe de 3,5 kg en 2005 à 1 kg en 2015 dans les scénarios 2 et 3. Les hypothèses concernant les fluides utilisés sont les mêmes dans les trois scénarios et données au tableau 8.2.

Tableau 8.2 - Hypothèses sur l'évaluation des fluides frigorigènes pour les projections

	2022	Tous scénarios
PAC air/eau et eau/eau	Marché de fluides	100 % de R-407C
	Retrofit	Pas de retrofit
PAC sol/eau et sol/sol	Marché de fluide	70 % de R-410A et 30 % de R-407C
	Retrofit	Pas de retrofit

8.2 Demande en fluides frigorigènes

La demande est estimée à partir des projections des marchés et productions d'équipements qui sont, dans le cas des pompes à chaleur, à confirmer.

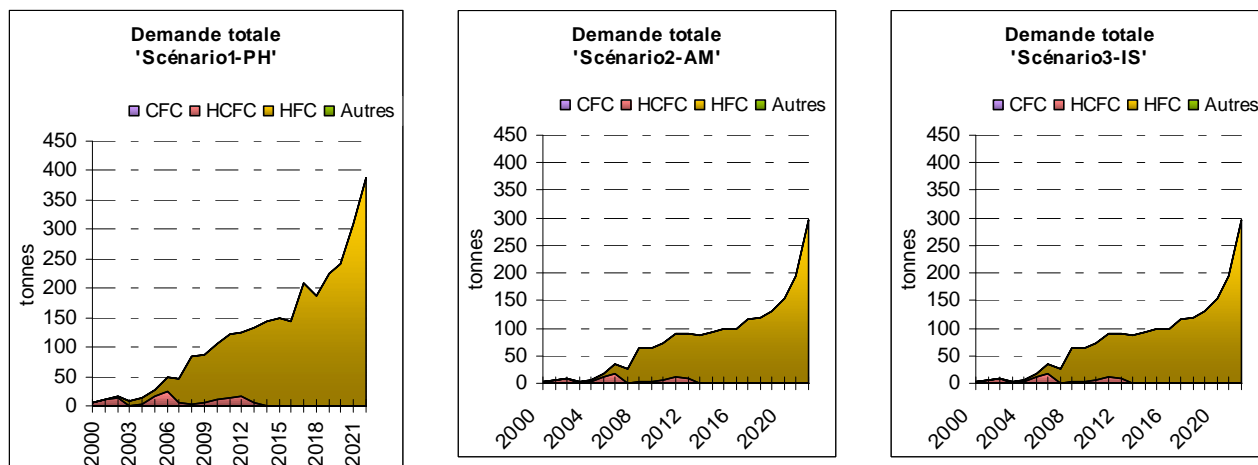


Figure 8.2 - Projections de la demande totale des fluides frigorigènes

Tableau 8.3 - Demande totale des fluides frigorigènes en 2022

Année 2022	HCFC(t)	HFC(t)	Autres(t)
Scénario 1 - PH	0,0	387,3	0,0
Scénario 2 - AM	0,0	296,8	0,0
Scénario 3 - IS	0,0	296,8	0,0

Compte tenu de la durée de vie des équipements, la demande en R-22 devrait se limiter à une dizaine de tonnes et s'arrêter en 2013.

8.3 Banque

La banque de ce secteur n'est pas encore constituée. Alors qu'elle n'est que de 600 tonnes en 2007, elle pourrait atteindre 11 500 tonnes de HFC à l'horizon 2022. Ce point est à confirmer avec les projections du marché d'équipements.

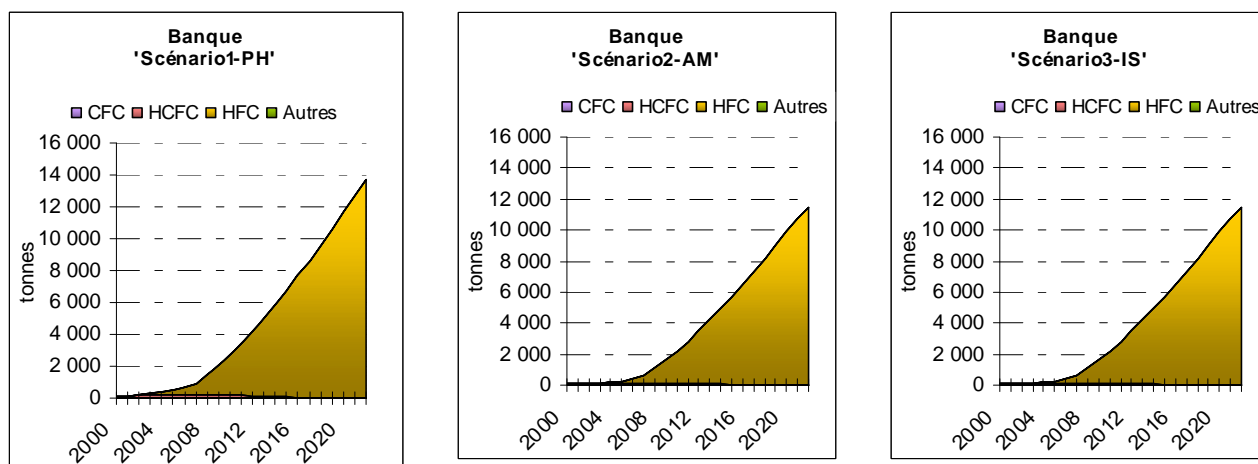


Figure 8.3 - Projections de la banque de fluides

Tableau 8.4 - Banque des fluides frigorigènes en 2022

Année 2022	HCFC(t)	HFC(t)	Autres(t)
Scénario 1 - PH	0,0	13 695,4	0,0
Scénario 2 - AM	0,0	11 487,1	0,0
Scénario 3 - IS	0,0	11 487,1	0,0

8.4 Émissions des fluides frigorigènes

Les émissions de fluides frigorigènes évoluent comme la banque, c'est-à-dire avec une forte croissance. Elles pourraient passer de 20 tonnes seulement en 2006 à près de 400 à 500 tonnes en 2022.

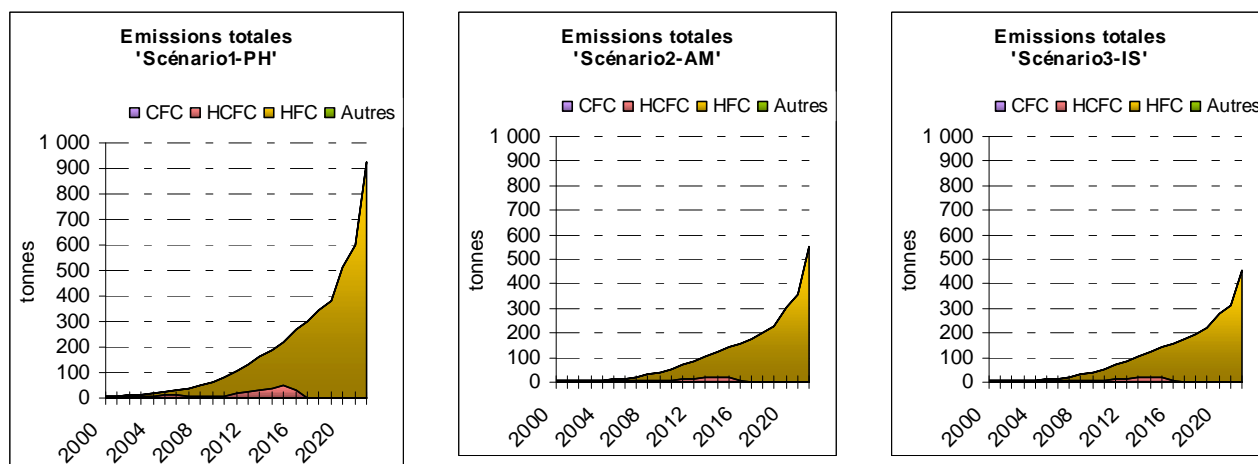


Figure 8.4 - Émissions des fluides frigorigènes

8.5 Émissions des fluides frigorigènes en équivalent CO₂

Les émissions en équivalent CO₂ sont très peu différentes de l'allure des émissions de fluides. Les taux d'émissions bas et les faibles charges associées à ce secteur permettent de limiter les émissions de fluides frigorigènes à seulement 850 000 tonnes équivalent CO₂ dans le scénario réaliste, "application des mesures".

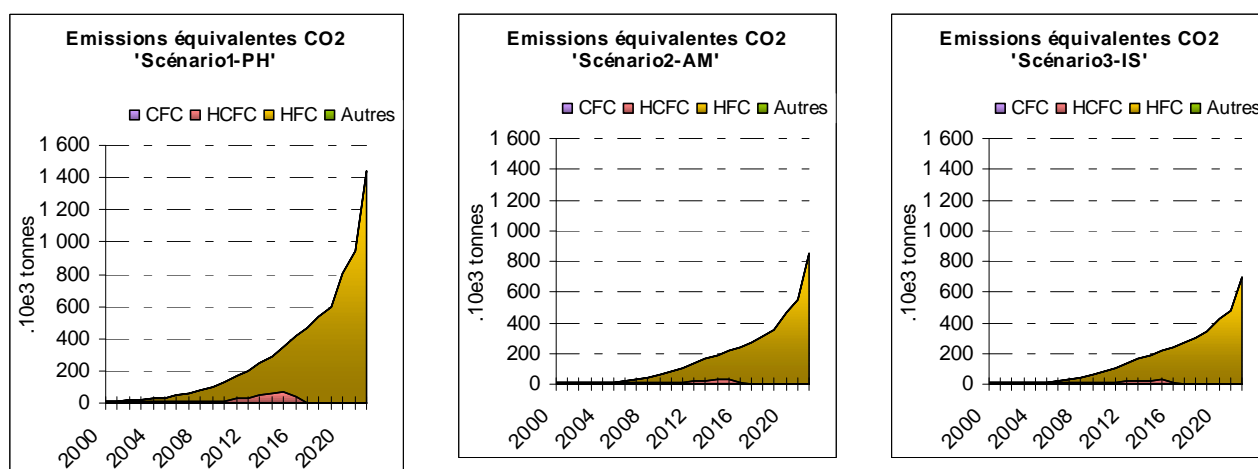


Figure 8.5 - Projections des émissions en équivalent CO₂

8.6 Récupération des fluides frigorigènes

Etant données les faibles charges concernées, la récupération envisageable est seulement de l'ordre de 200 à 300 tonnes en 2022, selon les scénarios, mais n'est pas à négliger dans la mesure où elle représente un quart des émissions de ce secteur.

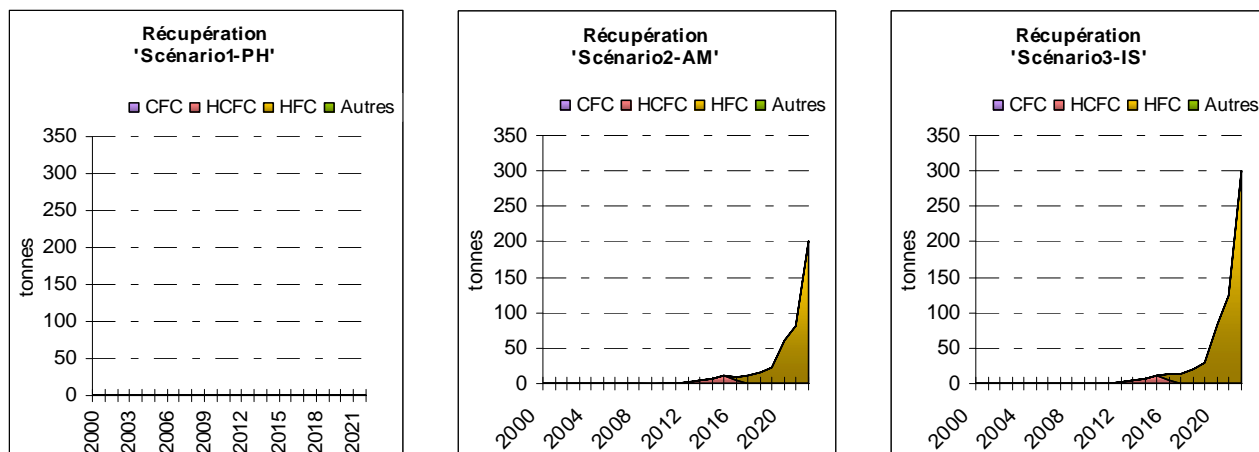


Figure 8.6 - Projections de la récupération des fluides frigorigènes

9. LA CLIMATISATION EMBARQUEE

9.1 Hypothèses de projection

La mesure en vigueur qui conditionne l'évolution future des technologies et des fluides frigorigènes utilisés en climatisation automobile est l'interdiction programmée des fluides frigorigènes à GWP supérieur à 150, liée à la directive européenne 2006/40/CE (annexe 3).

Les projections d'équipements tiennent compte, en ce qui concerne la climatisation automobile, de la forte baisse de la production automobile observée ces trois dernières années. Une reprise de la croissance de la production est supposée à partir de 2010 et une progression de seulement 0,5 % du marché neuf à partir de 2009.

Les hypothèses de calcul pour les projections sont présentées tableau 9.1. Le scénario 3, "incitations supplémentaires" suppose une amélioration des taux d'émissions et de récupération à la maintenance ainsi que la bonne mise en place des filières de fin de vie des véhicules permettant une nette progression des niveaux de récupération des fluides frigorigènes en fin de vie des équipements.

Tableau 9.1 - Hypothèses pour les projections

	Scénario "Minimaliste"	Scénario "Application des mesures"	Scénario "Incitations supplémentaires"
Automobiles et véhicules industriels			
Taux d'émissions fugitives (g/an)	60	10	10
Efficacité de récupération maintenance (%)	75	95	95
Efficacité de récupération en fin de vie(%)	0	40	70
Charge moyenne en 2022	770 g	490 g	490 g
Taux de climatisation sur le marché neuf	92	92	92
Taux de climatisation à l'exportation	95	95	95
Bus et cars			
Taux d'émissions fugitives (%)	15	10	8
Efficacité de récupération maintenance (%)	80	95	95
Efficacité de récupération en fin de vie (%)	0	10	70
Charge moyenne en 2021	15 kg	8 kg	5 kg
Taux de climatisation sur le marché neuf	80	80	80
Taux de climatisation à l'exportation	80	90	90
Trains			
Taux d'émissions fugitives (%)	15	5	5
Efficacité de récupération maintenance (%)	80	95	95
Efficacité de récupération en fin de vie (%)	50	70	90
Charge moyenne en 2021	15 kg	10 kg	7 kg
Taux de climatisation sur le marché neuf	100	100	100
Taux de climatisation à l'exportation	100	100	100

Concernant l'apparition de nouveaux fluides frigorigènes sur le marché neuf, il est considéré que la recherche de nouvelles plateformes sera très réduite en 2001 et que, au mieux, 50 % des nouveaux véhicules seront chargés avec des fluides à faible GWP en 2012 dans le scénario 2, et 70 % dans le scénario 3.

Tableau 9.2 - Hypothèses sur l'évaluation des fluides frigorigènes pour les projections

	Scénario 1 "Pratiques habituelles"	Scénario 2 "Application des mesures"	Scénario 3 "Incitations supplémentaires"
Automobiles et véhicules industriels			
Marché de fluides équipements neufs en 2021	100 % de R-134a	5 % de R-744, 95 % de R-1234yf (début en 2012 avec encore 90 % de R-134a – arrêt R-134a en 2020)	5 % de R-744, 95 % de R-1234yf (début en 2010 avec encore 90 % de R-134a – arrêt R-134a en 2017)
Rétrofit	Plus de retrofit	Plus de retrofit	Plus de retrofit
Bus et cars			
Marché de fluides équipements neufs en 2021	100 % de R-134a	100 % de R-134a	60 % de R-134a, 40 % de R-1234yf (début en 2012)
Rétrofit	Pas de retrofit	Rétrofit du R-22 à partir de 2010 vers du R-417A sur 7 ans	Rétrofit du R-22 à partir de 2009 vers du R-417A sur 7 ans
Trains			
Marché de fluides pour les équipements neufs en 2021	35 % de R-134a, 65 % de R-407C	30 % de R-134a, 70 % de R-407C	20 % de R-134a, 40 % de R-407C, 40 % de BLD3 (début 2015)
Rétrofit	Pas de retrofit	Début retrofit du R-22 à partir de 2010 sur 7 ans	Rétrofit du R-22 à partir de 2009 sur 7 ans

9.2 Demande en fluides frigorigènes

Dans les trois scénarios, le marché montre une baisse sur la période de 2006 à 2008 liée à la réduction de la production des véhicules automobiles en France observée en 2006.

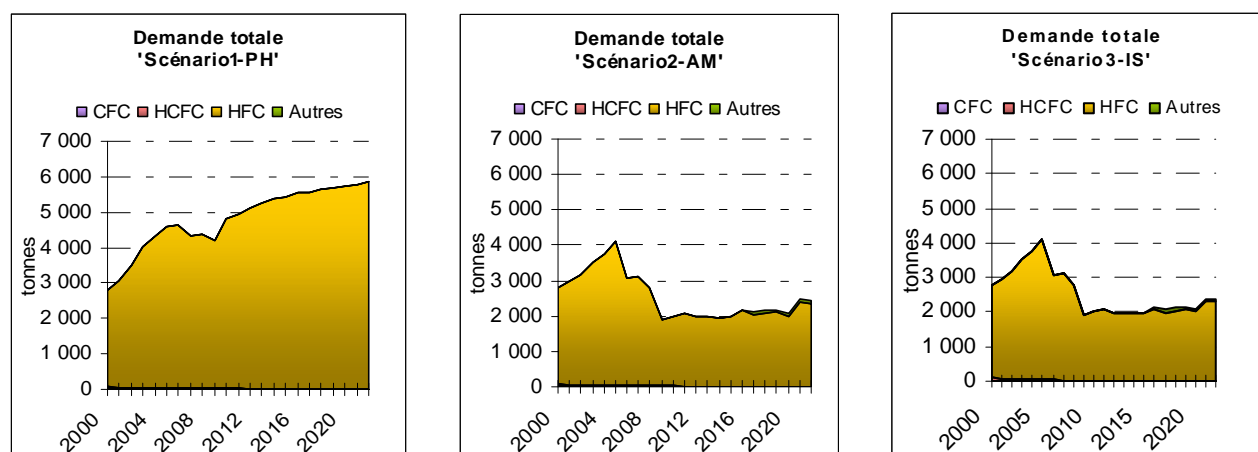


Figure 9.1 - Projections de la demande totale (en tonnes) des fluides frigorigènes

Tableau 9.3 – Demande totale des fluides frigorigènes à l'horizon 2021

Année 2022	HCFC(t)	HFC(t)	Autres(t)
Scénario 1 - PH	0,0	5 841,2	0,0
Scénario 2 - AM	0,0	2 334,5	78,6
Scénario 3 - IS	0,0	2 285,8	80,8

Le marché de HFC pour la climatisation automobile reste, dans le scénario 1, supérieur à 4 000 tonnes par an. La flotte de véhicules climatisés en France devrait se stabiliser à partir de 2010. Sans amélioration significative de l'étanchéité, la consommation de fluide resterait constante à 5 800 tonnes en 2021. Par contre, la réduction des charges et des taux d'émissions prévue par les scénarios permet de réduire la demande de HFC de 60 % dans le scénario 3.

Les modifications apportées à la méthode de calcul de la climatisation automobile qui portent en particulier sur un abaissement des taux d'émissions d'une part et la prise en compte d'une dégradation de l'étanchéité au cours du temps, ont amené des modifications à la méthode de prévision à l'horizon 2022. Il manque cependant encore des données provenant

du marché dédié à la maintenance des climatisations automobiles pour obtenir une prévision satisfaisante. Des progrès sont donc encore à faire. Cependant, le passage à partir de 2011 à des fluides dont le GWP est inférieur à 150 pour la climatisation européenne va dans tous les cas faire baisser drastiquement les émissions exprimées en équivalent CO₂, ce dont rend compte correctement le scénario n° 3 présenté figure 9.1.

9.3 Banque

La banque de fluides est en forte croissance jusqu'en 2010, où la saturation du parc est atteinte. Par la suite, la banque de fluides devrait suivre les fluctuations du marché automobile si les charges unitaires ne sont pas réduites (scénario 1). La banque de fluides dans le secteur de l'automobile culminerait alors à plus de 25 000 tonnes en 2022.

Cependant, la réglementation a contraint les constructeurs à développer des systèmes plus étanches, avec un niveau d'émission inférieur à 40 g/an. Les derniers développements technologiques, notamment au niveau des échangeurs, ont permis de réduire aussi la charge des systèmes. Il existe encore des possibilités de réduction de charge avec l'assurance d'un circuit très étanche. Dans ces conditions, l'effet sur la banque de fluides est, dans les deux scénarios, de limiter la croissance de la banque de R-134a en 2015 avec un maximum de 17 500 tonnes. En 2022, la banque de HFC pourrait être ramenée à 16 200 t, suivant l'évolution des marchés.

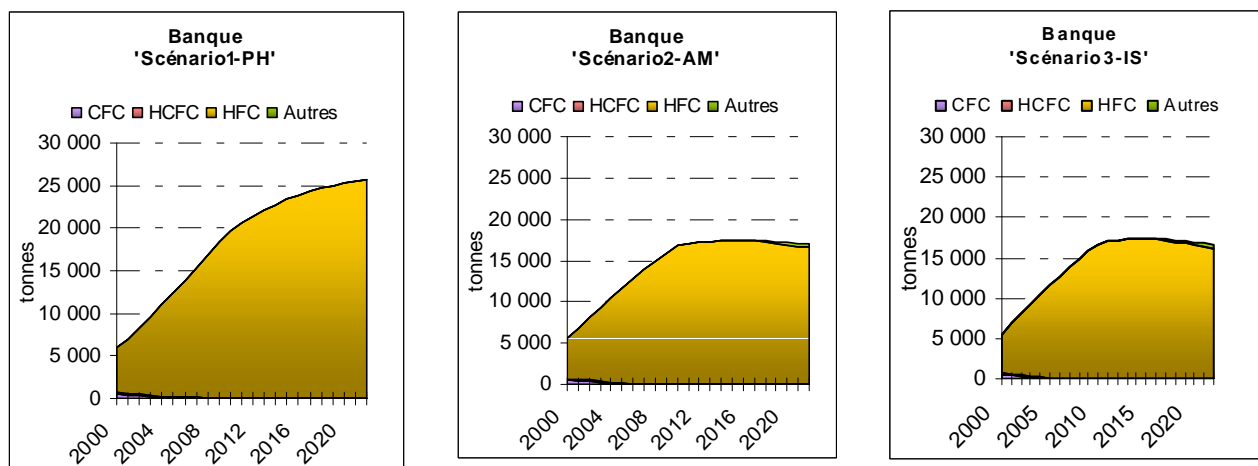


Figure 9.2 - Projections de la banque (en tonnes) de fluides frigorigènes

9.4 Émissions des fluides frigorigènes

En absence de récupération des fluides frigorigènes en fin de vie, et avec un niveau d'étanchéité du circuit tel qu'il était sur les technologies de circuits des années de 1998 à 2000 (60 g/an), le niveau d'émission de R-134a atteindrait près de 6 000 tonnes en 2021.

La réglementation (Directive 2006/40/CE) impose un niveau maximum d'émissions pour la mise sur le marché d'un véhicule neuf en 2007. Avec une meilleure efficacité de récupération lors de la maintenance (95 %), les émissions totales tracées par le scénario 2 (mesures actuelles) montrent qu'un gain d'environ 3 000 tonnes par an sur les émissions de R-134a est possible dès 2010 ; elles s'élèvent à 2 000 tonnes en 2022, dans le scénario réaliste. De plus, si la récupération en fin de vie est mise en place (scénario 3), le niveau d'émissions totales de HFC est ramené à 1 700 tonnes en 2021.

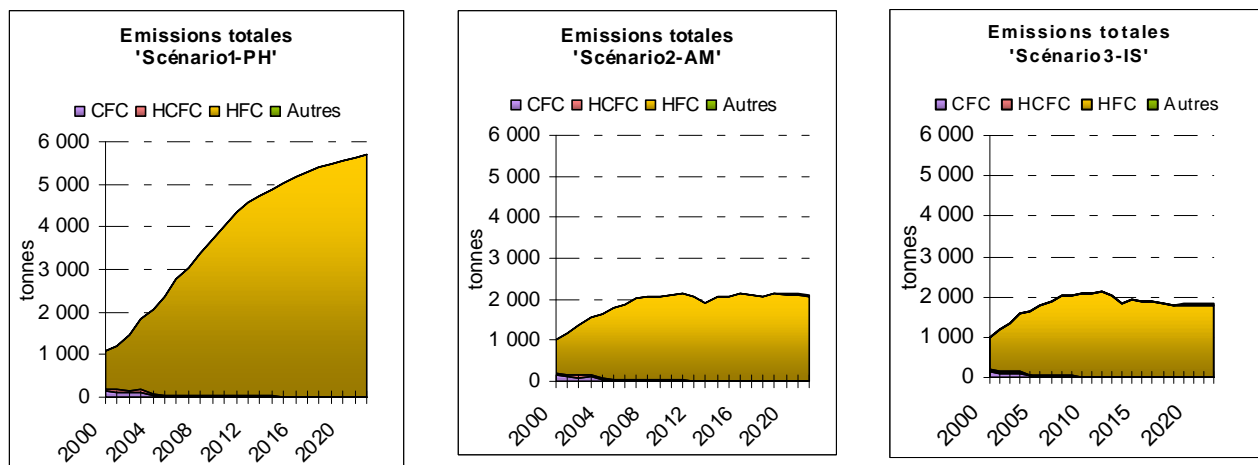


Figure 9.3 - Emissions (en tonnes) de fluides frigorigènes

9.5 Émissions des fluides frigorigènes en équivalent CO₂

Les derniers véhicules chargés au R-12 vont émettre leur charge jusqu'en 2006, créant pendant cette période un pic d'émissions en équivalent CO₂. Par la suite, le niveau d'émissions se situe à 2,8 millions de tonnes en équivalent CO₂ en 2011 et 2012, dans le scénario réaliste (scénario 2) et près de 1,6 millions en 2021. Dans le scénario 3, la récupération en fin de vie des véhicules permet de limiter significativement les émissions à 900 000 de tonnes équivalent CO₂.

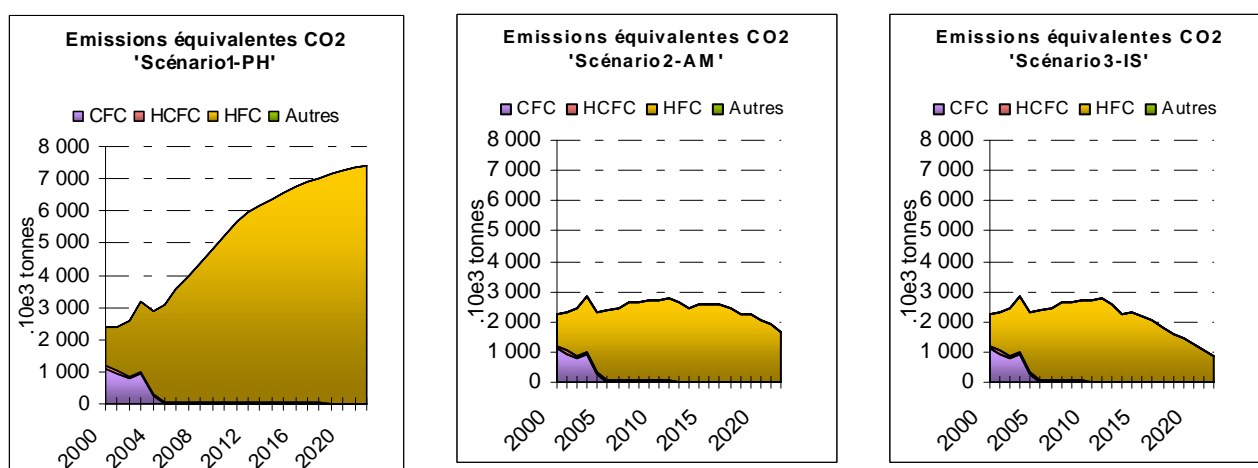


Figure 9.4 - Projections des émissions en équivalent CO₂ (en milliers de tonnes)

9.6 Récupération des fluides frigorigènes

La récupération des fluides concerne ici seulement la fin de vie des véhicules et non la maintenance. Ce fluide est recyclé directement sans retour chez le distributeur. La récupération en fin de vie est supposée d'une efficacité globale de 70 % en 2022 dans le scénario 3. Cela permet de récupérer une quantité pouvant atteindre 500 tonnes en 2021.

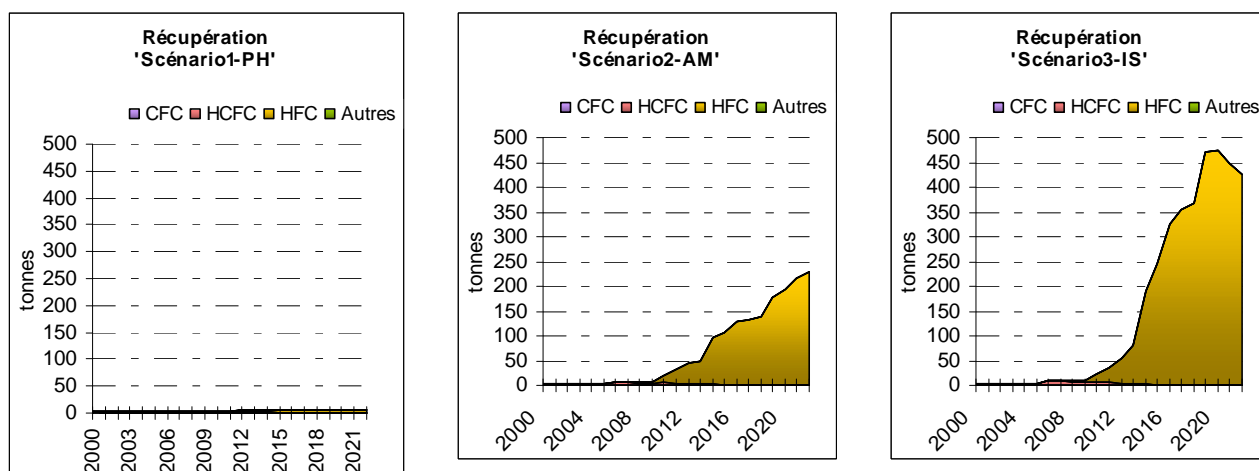


Figure 9.5 - Projections de la récupération des fluides frigorigènes

Références

- [AFP08] AFPAC www.afpac.org
- [BSR08] World Market for Air Conditioning 2008, BSRIA Report 19947/2, 2008.
- [CE09] Règlement (CE) N° 1005/2009 du parlement européen et du conseil du 16 Septembre 2009 relatif à des substances qui appauvrissent la couche d'ozone (refonte).
- [CLI08] www.climinfo.fr
- [FA007] www.fao.org

Annexe 1

Obligations essentielles du règlement européen 2037 / 2000 sur les substances détruisant l'ozone

- Plus d'usage de HCFC vierges pour la maintenance à partir du 1^{er} janvier 2010
- Interdiction de toute recharge de HCFC à partir du 1^{er} janvier 2015
- Récupération obligatoire de tout CFC et HCFC dans TOUS les types d'équipements frigorifiques ou de climatisation à partir du 1^{er} janvier 2002
- Les CFC et HCFC récupérés doivent être détruits ou réutilisés en maintenance dans les calendriers d'usage autorisés
- Le contrôle d'étanchéité annuel est obligatoire pour tout système frigorifique contenant une charge de fluide frigorigène supérieure à 3 kg (compte tenu du décret français de 1992 (voir annexe 4), la charge minimale est de 2 kg en France.
- Les opérateurs doivent répondre à un niveau minimum de qualification.

Annexe 2

Règlement (CE) N° 842/2006 du parlement européen et du conseil du 17 mai 2006 relatif à certains gaz à effet de serre fluorés

(d'après note de l'AFCE du 09/11/06)

Dans le cadre de la prévention des émissions de gaz à effet de serre fluorés visés par le Protocole de Kyoto, le règlement européen 842-2006 du 17 mai 2006 paru au J.O. du 14/06/06 entrera en vigueur le 04/07/07.

Dans le secteur de la réfrigération et de la climatisation, il vise le confinement des HFC dont les plus utilisés sont : le R-134a, le R-404A, le R-407C, le R-410A et le R-23.

Les exploitants d'équipements de réfrigération, climatisation et PAC, à l'exception de la climatisation automobile et des transports à température dirigée, prennent toutes les mesures qui sont techniquement réalisables et qui n'entraînent pas de coûts disproportionnés afin de prévenir les fuites de HFC et de réparer dans les meilleurs délais les fuites éventuelles détectées.

Les exploitants prennent les mesures nécessaires pour que leurs installations fassent l'objet de contrôles d'étanchéité par des personnels certifiés (cf. tableau A1.1).

Tableau A1.1 – Périodicité des contrôles d'étanchéité en fonction des installations

Charge \geq 3 kg de HFC	Charge \geq 30 kg de HFC	Charge \geq 300 kg de HFC
Une fois tous les 12 mois au moins, excepté pour les systèmes hermétiquement scellés, étiquetés, de moins de 6 kg	Une fois tous les 6 mois au moins	Une fois tous les 3 mois au moins

Les équipements font l'objet de contrôle d'étanchéité dans le mois qui suit la réparation d'une fuite afin de vérifier l'efficacité de la réparation.

Les exploitants d'équipements de plus de 300 kg de charge de HFC doivent installer des systèmes de détection de fuites qui devront être inspectés au moins une fois tous les 12 mois.

Quand un exploitant installe un système de détection de fuite qui fonctionne correctement, les fréquences d'inspection sont divisées par deux (cf. tableau A1.2).

Tableau A1.2 – Périodicité des contrôles d'étanchéité en fonction des systèmes de détection

Charge \geq 30 kg de HFC	Charge \geq 300 kg de HFC
Une fois tous les ans au moins	Une fois tous les 6 mois au moins

Les exploitants d'équipements de plus de 3 kg de HFC doivent tenir des registres consignant :

- quantité et type de HFC installé
- quantités ajoutées ou récupérées lors de la maintenance, de l'entretien et en fin de vie
- identification de la société qui a effectué la maintenance et l'entretien
- dates et résultats des contrôles d'étanchéité.

Les exploitants sont responsables de la mise en place des mesures de récupération par du personnel certifié afin d'en assurer le recyclage, la régénération ou la destruction. La récupération est réalisée avant l'élimination finale des équipements.

Les HFC contenus dans d'autres équipements, y compris mobiles, sauf utilisation dans des opérations militaires, seront récupérés dans la mesure où cela est techniquement réalisable et n'entraîne pas des coûts disproportionnés.

Annexe 3

Directive 2006/40/CE du parlement européen et du conseil concernant les émissions provenant des systèmes de climatisation des véhicules à moteur et modifiant la directive 70/156/CEE du conseil

La présente directive énonce les exigences applicables aux véhicules pour l'obtention de la réception CE ou de la réception nationale concernant les émissions provenant des systèmes de climatisation installés dans des véhicules et la sécurité d'utilisation de ces systèmes. Elle prévoit également des dispositions relatives au post équipement et au rechargement de ces systèmes (article premier).

Ses objectifs principaux sont le contrôle des fuites de gaz à effet de serre fluorés que présentent les systèmes de climatisation installés dans les véhicules et l'interdiction, à compter d'une certaine date, des systèmes de climatisation conçus pour contenir des gaz à effet de serre fluorés dont le potentiel de réchauffement planétaire est supérieur à 150.

La directive est entrée en vigueur vingt jours après sa publication dans le J.O., soit le 4 juillet 2006 (article 11). Elle s'applique aux véhicules à moteur des catégories M₁ et N₁, définis à l'annexe II de la directive 70/156/CEE. Aux fins de la présente directive, les véhicules de catégorie N₁ sont limités à ceux de la classe I.

Ci-dessous un tableau récapitulatif concernant la réception CE et nationale de véhicules équipés de système de climatisation conçu pour contenir des gaz à effet de serre dont le GWP est > 150.

	Nouveaux types de véhicules	Tous les véhicules neufs
6 mois après l'adoption d'une procédure d'essais harmonisée de détection des fuites	Les Etats membres ne peuvent refuser ni la réception CE, ni la réception nationale	Les Etats membres ne peuvent refuser l'immatriculation, la vente ou la mise en circulation
Dès le 1er janvier 2007 (12 mois après l'adoption d'une procédure d'essais harmonisée de détection des fuites)	Réception CE et nationale autorisée si : <ul style="list-style-type: none">• taux de fuite < 40 grammes pour un système à simple évaporateur• taux de fuite < 60 grammes pour un système à double évaporateur	
Dès le 1er janvier 2008 (24 mois après l'adoption d'une procédure d'essais harmonisée de détection des fuites)		Réception CE et nationale autorisée si : <ul style="list-style-type: none">• taux de fuite < 40 grammes pour un système à simple évaporateur• taux de fuite < 60 grammes pour un système à double évaporateurs
Dès le 1er janvier 2011	Réceptions CE et nationale interdites	
Dès le 1er janvier 2017		Réceptions CE et nationale interdites

Dès le 1^{er} janvier 2011, de tels systèmes de climatisation ne servent plus au post-équipement des véhicules réceptionnés par type à compter de cette date. Dès le 1^{er} janvier 2017, ces systèmes ne servent au post-équipement d'aucun véhicule (article 6.1).

L'article 6.2, relatif au rechargement, indique que les systèmes de climatisation installés dans des véhicules réceptionnés le 1^{er} janvier 2011 ou après cette date ne contiennent plus de gaz à effet de serre fluorés dont le PRP est supérieur à 150.

A compter du 1^{er} janvier 2017, les systèmes de climatisation de tous les véhicules ne contiennent plus de gaz à effet de serre fluorés dont le PRP est supérieur à 150, à l'exception du rechargement des systèmes de climatisation contenant de tels gaz qui ont été montés sur des véhicules avant cette date.

Les prestataires de services qui entretiennent ou réparent les systèmes de climatisation ne remplissent pas ces systèmes de gaz à effet de serre fluorés si un volume anormal de fluide frigorigène en a fui, et ce jusqu'à ce que les réparations nécessaires aient été menées à bien.

Annexe 4

Décret n° 92-1271 du 7 décembre 1992 relatif à certains fluides frigorigènes utilisés dans les équipements frigorifiques et climatiques

Le décret n° 92-1271 vise les équipements contenant comme fluide frigorigène, des chlorofluoroalcanes, des bromofluoroalcanes, des bromochloroalcanes, des bromochlorofluoroalcanes, des fluoroalcanes, ou des mélanges de ces fluides.

Les appareils de froid domestique, ainsi que les installations et appareils individuels de climatisation, y compris les pompes à chaleur, les équipements ayant une charge inférieure ou égale à 2 kg ne sont pas concernés par ce décret.

Ce décret stipule entre autre que :

- la récupération des fluides frigorigènes est obligatoire et doit être intégrale,
- si le fluide n'est pas réintroduit dans les mêmes appareils, ni retraité puis réutilisé, il doit être détruit,
- une fiche d'intervention par équipement est établie, indiquant la date et la nature de toute opération effectuée sur cet équipement, la nature et le volume du fluide récupéré ainsi que le volume du fluide éventuellement réintroduit ;
- les entreprises intervenant doivent être inscrites sur un registre tenu par les services de l'Etat et posséder par la suite un certificat d'inscription délivré par la préfecture.

Décret 98-560 modifiant le décret 92-1271

Les détecteurs de fuite doivent avoir une sensibilité minimale de 5 g/an et les détecteurs d'ambiance doivent avoir un seuil de sensibilité de 10 ppm.

Les exploitants d'équipements chargés de plus de 2 kg de CFC, HCFC ou HFC doivent tenir un registre des quantités chargées, ajoutées et récupérées.

Annexe 5

Marchés d'équipements de climatisation à air utilisés pour le calcul des projections à l'horizon 2021 dans les inventaires 2006

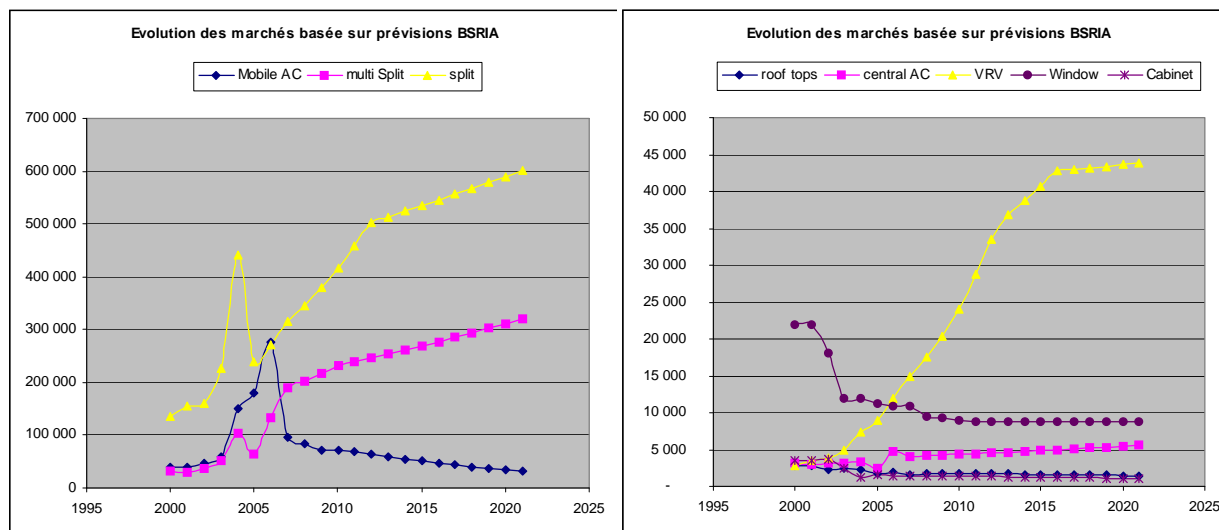


Figure A5.1 : Marchés des appareils de climatisation à air considérés dans les inventaires 2006