



Centre Efficacité énergétique des Systèmes

# **Inventaires des Emissions des fluides frigorigènes FRANCE et DOM COM Année 2012**

Stéphanie BARRAULT CES MINES-ParisTech, ARMINES

Denis CLODIC, EReIE

Décembre 2013

## Table des matières

<b>I. SYNTHÈSE</b> .....	<b>6</b>
<b>II. Rappel de la méthode générale de calcul</b> .....	<b>23</b>
<b>III. RESULTATS GLOBAUX</b> .....	<b>26</b>
III.1 - Introduction .....	26
III.2 - Analyse du marché des fluides frigorigènes.....	26
III.2.1- Etude paramétrique de l'impact du taux d'émissions sur l'estimation du marché de R-404A.....	26
III.2.2 - Résultats 2012 de la demande totale calculée .....	29
III.2.3 - Répartition sectorielle de la demande des fluides frigorigènes .....	30
III.2.3 - Vérification croisée des déclarations de marchés de fluides frigorigènes et de la demande calculée par RIEP.....	31
III.3 – Résultats complets inventaires 2012 métropole .....	35
III.3.1 - Demande en fluides frigorigènes pour les équipements neufs .....	35
III.3.2 - Demande en fluides frigorigènes pour le retrofit des installations.....	37
III.3.3 - Demande en fluides frigorigènes pour la maintenance des installations.....	38
III.3.4 - Banque des fluides frigorigènes .....	40
III.3.5 - Emissions des fluides frigorigènes .....	41
III.3.6 - Emissions équivalentes CO <sub>2</sub> des fluides frigorigènes.....	43
III.3.7 - Récupération des fluides frigorigènes.....	45
III.4 – Résultats globaux inventaires 2012 DOM COM.....	47
III.4.1 - Demande totale en fluides frigorigènes dans les DOM COM.....	47
III.4.2 - Banque de fluides frigorigènes dans les DOM COM.....	48
III.4.3 - Emissions totales de fluides frigorigènes dans les DOM COM .....	49
III.4.4 - Emissions CO <sub>2</sub> équivalentes de fluides frigorigènes dans les DOM COM.....	50
III.4.5 - Quantités de fluides frigorigènes récupérées dans les DOM COM .....	52
<b>IV. LE FROID DOMESTIQUE</b> .....	<b>53</b>
IV.1 - Méthode de calcul .....	53
IV.2 - Le froid domestique en France en 2012 .....	55
IV.2.1 - Contexte .....	55
IV.2.2 - La production .....	55
IV.2.3 - Les ventes .....	55
IV.2.4 - Les fluides utilisés .....	55
IV.2.5 - Evaluation de la charge .....	56
IV.2.6 - La durée de vie .....	56
IV.2.7 - Niveau d'émissions fugitives .....	56
IV.2.8 - L'efficacité de récupération en fin de vie des équipements .....	56
IV.3 - Résultats Froid domestique Inventaires métropole 2012 .....	57
IV.3.1. La banque .....	57
IV.3.2. La demande .....	58
IV.3.3. Les émissions totales .....	58
IV.3.4. Les émissions en équivalent CO <sub>2</sub> .....	59
IV.3.5. Les quantités récupérées .....	59
<b>V. LE FROID COMMERCIAL</b> .....	<b>60</b>
V.1 - Méthode de calcul et hypothèses .....	60
V.1.1. Structuration du secteur .....	60
IV.1.2. Résumé de la méthode.....	61
V.2. Le froid commercial en France en 2012 .....	63
IV.2.1. Evolution du parc.....	63
V.2.3. Hypothèses concernant les fluides utilisés et les structures d'installations.....	64
V.2.4. Courbes de durée de vie.....	66
V.2.5. Ratios de charge.....	67
V.2.6. Taux d'émissions .....	67
V.2.7. Efficacité de récupération.....	70
V.3 - Résultats Froid commercial Inventaires 2012 France métropole .....	70
V.3.1 – La banque.....	70

V.3.2 – La demande .....	71
V.3.3 – Les émissions totales .....	71
V.3.4 – Les émissions en équivalent CO <sub>2</sub> .....	72
V.3.5 – Les quantités récupérées.....	73
<b>VI. LES TRANSPORTS FRIGORIFIQUES.....</b>	<b>74</b>
VI.1- Structuration du secteur .....	74
VI.2- Méthode de calcul et données nécessaires .....	74
VI.3 Le transport frigorifique en France en 2012 .....	76
VI.3.1 Statistiques disponibles transport routier.....	76
VI.3.2. Statistiques disponibles transport maritime .....	77
VI.3.3 Fluides utilisés .....	77
VI.3.4 Charges de référence .....	78
VI.3.5 Durée de vie .....	78
VI.3.6 Taux d'émissions fugitives.....	79
VI.3.7 Efficacité de récupération.....	79
VI.4 Résultats Transports Frigorifiques – Inventaires métropole 2012 .....	80
VI.4.1 – La banque.....	80
VI.4.2 – La demande .....	80
VI.4.3 – Les émissions totales .....	81
VI.4.4 – Les émissions en équivalent CO <sub>2</sub> .....	82
VI.4.5 – Les quantités récupérées .....	82
<b>VII. LE FROID INDUSTRIEL .....</b>	<b>83</b>
VII.1 Structuration du secteur .....	83
VII.2 Données nécessaires au calcul .....	83
VII.3 Données Industries en France métropole en 2012 .....	85
VII.3.1 Production française ou parc.....	85
VII.3.2 Fluides utilisés .....	86
VII.3.3 Ratios ou charges .....	88
VII.3.4 Les courbes de durée de vie.....	89
VII.3.5 Les taux d'émissions.....	89
VII.3.6 L'efficacité de récupération.....	90
VII.4 Résultats Froid Industriel Inventaires 2012 .....	90
VII.4.1 – La banque .....	90
VII.4.2 – La demande.....	91
VII.4.3 – Les émissions totales .....	92
VII.4.4 – Les émissions en équivalent CO <sub>2</sub> .....	92
VII.4.5 – Les quantités récupérées .....	93
<b>VIII. LES GROUPES REFROIDISSEURS D'EAU (GRE).....</b>	<b>94</b>
VIII.1 Structuration du secteur .....	94
VIII.2 Données nécessaires au calcul .....	94
VIII.3 Les GRE en France en 2012 .....	96
VIII.3.1 Le marché.....	96
VIII.3.2 La production.....	96
VIII.3.3 Les fluides utilisés.....	97
VIII.3.4 La charge moyenne .....	97
VIII.3.5 Courbes de durée de vie .....	98
VIII.3.6 Niveaux d'émissions.....	98
VIII.4 Résultats GRE – Inventaires 2012.....	99
VIII.4.1 – La banque .....	99
VIII.4.2 – La demande.....	99
VIII.4.3 – Les émissions totales.....	100
VIII.4.4 – Les émissions en équivalent CO <sub>2</sub> .....	101
VIII.4.5 – Les quantités récupérées .....	101
<b>IX. LA CLIMATISATION A AIR.....</b>	<b>102</b>
IX.1- Structuration du secteur .....	102
IX.2 - Données nécessaires au calcul .....	102
IX.3 - La climatisation à air en 2012 en France.....	103

IX.3.1 - Le marché .....	103
IX.3.2 - La production .....	103
IX.3.3- Les fluides utilisés .....	104
IX.3.4 - La charge moyenne .....	105
IX.3.5 - Courbes de durée de vie.....	105
IX.3.6 - Facteurs d'émissions .....	106
IX.4 - Résultats de la climatisation à air – Inventaires 2012.....	106
IX.4.1 – La banque.....	106
IX.4.2 – La demande .....	107
IX.4.3 – Les émissions totales .....	107
IX.4.4 – Les émissions en équivalent CO <sub>2</sub> .....	108
IX.4.5 – Les quantités récupérées .....	108
<b>X. LES POMPES A CHALEUR RESIDENTIELLES (PAC) .....</b>	<b>109</b>
X.1 Structuration du secteur .....	109
X.2 Données nécessaires au calcul .....	109
X.3 Les PAC en France en 2012 .....	109
X.3.1 - Le marché et la production .....	109
X.3.2 - Les fluides utilisés.....	110
X.3.3 - La charge moyenne .....	110
X.3.4 - Courbe de durée de vie .....	110
X.3.5 Facteurs d'émissions.....	111
X.4 Résultats des PAC – Inventaires 2012 .....	111
X.4.1 – La banque.....	111
X.4.2 – La demande .....	112
X.4.3 – Les émissions totales .....	112
X.4.4 – Les émissions en équivalent CO <sub>2</sub> .....	113
X.4.5 – Les quantités récupérées.....	113
<b>XI. LA CLIMATISATION EMBARQUEE .....</b>	<b>114</b>
XI.1 Structuration du secteur .....	114
XI.2 Données nécessaires au calcul .....	114
XI.3 La climatisation embarquée en France en 2012 .....	116
XI.3.1 La production et le marché .....	116
XI.3.2 La répartition annuelle des fluides.....	117
XI.3.3 La charge moyenne .....	117
XI.3.4 La courbe de durée de vie.....	117
XI.3.5 L'efficacité de récupération.....	118
XI.3.6 Le taux d'émissions.....	119
XI.4 Résultats climatisation embarquée – Inventaires 2012 France métropole.....	119
XI.4.1 – La banque.....	119
XI.4.2 – La demande .....	120
XI.4.3 – Les émissions totales .....	121
XI.4.4 – Les émissions en équivalent CO <sub>2</sub> .....	121
XI.4.5 – Les quantités récupérées .....	122
<b>XII. REFERENCES.....</b>	<b>123</b>
Références Froid Domestique .....	123
Références froid commercial.....	123
Références Transports Frigorifiques.....	124
Références Froid Industriel .....	124
Références GRE .....	124
Références Climatisation à Air .....	125
Références PAC.....	125
Références climatisation embarquée .....	125
<b>XIII. ANNEXES.....</b>	<b>126</b>
Annexe 1 – GWP (Global Warming Potential) ou PRG (Potentiel de Réchauffement Global) selon les 2 <sup>ème</sup> , 3 <sup>ème</sup> et 4 <sup>ème</sup> Rapports d'évaluation du GIEC .....	126
Annexe 2 : Détermination de la charge des équipements agroalimentaire .....	127
Annexe 3 - Principes de la méthode de calcul du secteur Climatisation automobile .....	128

Décomposition du taux d'émission et facteur de dégradation.....	128
Pourcentage de charge émise avant une opération de maintenance .....	128
Calcul des émissions de fin de vie.....	129

# I. SYNTHÈSE

## Approche

Les inventaires d'émissions de fluides frigorigènes 2012 ont été réalisés par le CES MINES-ParisTech ARMINES en collaboration avec EREIE au moyen du logiciel RIEP (Refrigerant Inventory and Emission Prevision).

La méthode de calcul implémentée dans RIEP est basée sur les recommandations du GIEC<sup>1</sup> pour la réalisation des inventaires. Il s'agit d'une méthode dite "Bottom Up", partant de la description du parc d'équipements, des caractéristiques techniques, des niveaux d'émissions et des fluides utilisés, qui permet de reconstituer la banque<sup>2</sup> de fluides et d'estimer les émissions au cours de la vie des équipements.

Ce logiciel est couplé à des bases de données rassemblant l'ensemble des caractéristiques techniques, fluides et émissions de l'ensemble des équipements du froid et de la climatisation, par application. Quarante-trois applications<sup>3</sup> ou sous-secteurs des huit principaux secteurs définis dans les rapports de référence internationaux tels que ceux du RTOC de l'UNEP<sup>4</sup> y sont représentées: froid domestique, froid commercial, transport frigorifique, froid industriel, climatisation à air, groupes refroidisseurs à eau, pompes à chaleur résidentielles et climatisation embarquée (climatisation automobile dominante). Chaque année, la base de données France Métropole est mise à jour par:

- la connaissance des publications statistiques,
- la veille technologique permettant le suivi de l'évolution des caractéristiques des équipements neufs et la prise en compte de nouveaux équipements,
- les enquêtes de terrain permettant d'évaluer les niveaux d'émissions des installations sur le parc, d'approfondir un secteur en particulier et d'avoir une bonne représentativité de l'évolution des fluides utilisés et des retrofits entrepris.

De nouvelles sources de données peuvent être prises en compte ou de nouvelles hypothèses, justifiant une correction sur l'historique et une mise à jour des résultats sur les années antérieures.

Dans le cas des territoires des DOM et des COM, deux bases de données ont été construites, l'une pour les DOM, l'autre pour les COM. Des modèles simplifiés d'évolution de fluides, de taux d'émissions et de récupération prenant en compte des décalages temporels par rapport à la métropole sont utilisés pour chaque regroupement. Peu de statistiques sont disponibles, quand elles le sont, elles sont agrégées pour chaque entité (DOM ou COM) sinon, elles sont estimées de façon globale à partir des données de la métropole en tenant compte du PIB et de la population.

Les calculs d'émissions de fluides frigorigènes sont faits pour les quarante-trois applications représentées au sein de chaque base de données, les résultats sont obtenus par sous-secteur et par fluide, de 1990 à 2012.

Dans le cadre de l'analyse des résultats, la demande totale en fluides frigorigènes nécessaire pour la production d'équipements en France, la charge d'équipements sur site et la maintenance des équipements formant le parc français est reconstituée. Elle est comparée aux marchés déclarés. Depuis 2000 les marchés déclarés au SNEFCCA (Syndicat National des Entreprises du Froid, d'Équipements de Cuisines Professionnelles et du Conditionnement de l'Air) sont publiés et utilisés pour la validation des résultats. Depuis 2009, les publications de l'Observatoire des Fluides Frigorigènes (OFF) de l'ADEME sont également étudiées mais présentent des incohérences avec les marchés déclarés au SNEFCCA, très significatifs en 2012, pouvant être dus à des doubles-comptages de déclarations.

---

<sup>1</sup> GIEC: Groupement Intergouvernemental d'Experts sur l'évolution du Climat

<sup>2</sup> Banque: ou stock. Quantités de fluides frigorigènes contenues dans l'ensemble des équipements installés sur le territoire français (parc d'équipements).

<sup>3</sup> La liste des applications par domaine est fournie en annexe du rapport.

<sup>4</sup> Report of the Refrigeration, Air conditioning and Heat Pumps Technical Option Committee. UNEP (United Nations Environment Programme).

## Faits marquants inventaires 2012

Si globalement, sur l'ensemble des fluides frigorigènes, le marché déclaré était bien représenté par le calcul RIEP depuis plusieurs années, un écart de plus en plus significatif était observé entre le calcul du marché de R-404A et les marchés déclarés. Les premiers calculs 2012 ont confirmé l'accroissement de cet écart alors que les résultats d'enquête traduisaient une forte réduction du R-404A sur le marché neuf. Il semble donc que le marché de R-404A lié à la maintenance des installations existantes était jusqu'à présent sous-estimé, ce qui remet en question les valeurs des taux d'émissions moyens des installations utilisant le R-404A (supermarchés, hypermarchés, industries agroalimentaires et groupes de condensation équipant les petits commerces), ainsi que la tendance décroissante qui y était associée depuis plusieurs années. Cette hypothèse est confortée par de nouvelles sources d'informations: l'accès au suivi des quantités consommées pour la maintenance d'une nouvelle chaîne de supermarchés d'une part et les résultats des contrôles d'installations reportés au Ministère de l'Ecologie d'autre part.

Le niveau d'émissions moyen sur le parc est difficile à estimer car:

- il n'existe pas de suivi national des quantités consommées pour la maintenance des installations; nos hypothèses sont donc basées sur les résultats des entreprises qui acceptent de communiquer, en supposant qu'elles soient représentatives du parc;
- pour les grosses installations utilisant le R-404A telles que les hypermarchés ou les industries agroalimentaires, il suffit de quelques accidents conduisant à la perte de la totalité de la charge pour pénaliser la moyenne.

A la demande du Comité de suivi des inventaires, en conséquence de ces constatations, les taux d'émissions des installations utilisant le R-404A ont été corrigés sur l'historique et la tendance décroissante a été supprimée. Une première étude paramétrique de l'impact des taux d'émissions de ces installations sur l'estimation de la demande de R-404A a été établie (chapitre III "Résultats globaux"). Dans un premier temps, il a été choisi de limiter la correction et d'approfondir l'enquête lors de prochains inventaires avant d'envisager une correction supérieure: les taux historiques de 1990 sont maintenus constants et permettent de réduire l'écart cumulé entre le marché et la demande de R-404A de 28 à 15 %.

Parmi les autres évolutions marquantes des inventaires 2012, il convient également de noter:

- l'introduction de nouveaux fluides sur certains secteurs, pour les équipements neufs ou pour le retrofit des équipements utilisant encore des HCFC: le CO<sub>2</sub> commence à être utilisé dans les équipements de type "stand alone" dans les petits commerces, les hydrocarbures (R-290 et R-600a) ont également une part de marché non-négligeable en 2012, estimée à 5 %; le R-407A et R-407F sont proposés pour le retrofit des installations de R-22 en froid commercial et agroalimentaire;
- une forte réduction de l'utilisation du R-404A dans les installations neuves de froid commercial et industriel. Les systèmes indirects ou de type cascade R-134a/CO<sub>2</sub> sont privilégiés en froid commercial, et l'ammoniac et le CO<sub>2</sub> sont encore plus utilisés qu'auparavant en agroalimentaire;
- de ce fait, les ratios de charge surfaciques moyens ont tendance à baisser;
- d'un point de vue méthodologique, un ratio propre au CO<sub>2</sub> ainsi qu'un taux d'émissions dédié ont été introduits afin de mieux estimer les charges installées et les quantités émises;
- quelques corrections de données statistiques telles que le niveau de production des équipements de transport routier sont à noter sur 2011-2012;
- dans les filières de récupération, une stagnation du niveau de la filière DEEE en froid domestique est à remarquer, pour la première année depuis le début de mise en place du suivi.

## Principales hypothèses 2012

Les tableaux suivants synthétisent les valeurs des principales hypothèses prises en compte par application en 2012 en justifiant par la colonne "source" l'origine de cette valeur. Par ailleurs, un commentaire explique les incertitudes associées, même si celles-ci sont difficiles à estimer.

- Les taux d'émissions fugitives traduisent les émissions au cours de la vie de l'équipement. Les valeurs sont données au Tableau I.1, pour l'année 2012, en précisant si ce taux est rapporté au parc ou au marché d'équipement neuf.
- L'efficacité de récupération de la filière lors de la fin de vie de l'équipement traduit les quantités de fluides frigorigènes perdues lors du démantèlement des installations (*Tableau I.2*); mise à part la filière DEEE publiant des résultats pour les équipements de froid domestique, cette valeur est marquée d'une incertitude difficile à estimer car basée le plus souvent sur des informations qualitatives et des communications d'experts.
- La charge moyenne ou ratio de charge (en fonction de la surface ou puissance) est donné au tableau I.3; il est précisé si ce paramètre est considéré constant au cours du temps ou non, selon les équipements. Il caractérise les équipements neufs.
- Les marchés (*Tableau I.4*) d'équipements sont nécessaires pour le calcul de la banque, des émissions fugitives, fin de vie, maintenance et retrofit. La donnée des productions (*Tableau I.5*) permet de calculer les émissions à la charge quand les équipements sont chargés en usine et de reconstituer une partie de la demande en fluides frigorigènes pour les équipements neufs. Ici, seules les sources et les causes d'incertitudes sont mentionnées dans les tableaux car les chiffres peuvent être confidentiels et avoir été communiqués avec une demande de non diffusion.
- Il est nécessaire de connaître la répartition des fluides utilisés sur le marché neuf des équipements pour établir l'évolution de la banque. Les hypothèses 2012 sont récapitulées au *Tableau I.6*. Les tendances, d'une année à l'autre nous sont communiquées par les fabricants d'équipements, les opérateurs, les détenteurs d'équipements (chaînes) ou certaines associations qui parviennent à établir les marchés d'équipements par type de fluide.
- Les durées de vie sont également rappelées (*Tableau I.7*), mais ce paramètre n'évolue pas, seule une courbe de fin de vie y est associée par secteur afin de tenir compte d'une variabilité de durée de vie des équipements d'un même millésime (année de mise sur le marché).

Tableau I-1 Taux d'émissions fugitives 2012 par secteur, sources et incertitudes.

Domaines	Sous-secteurs	taux d'émission FUGITIVES 2012	rapporté à	Tendance	Source & incertitude
Froid domestique	1 Réfrigérateurs simples, réfrigérateurs-congélateurs et congélateurs simples	0,01%	équipements neufs	constante	Équipement hermétique/ taux de panne après-vente. Pas de panel national.
Froid commercial	2 Supermarchés	30%	parc	constante (correction 2012)	Consommation fluides maintenance d'un échantillon de magasins, pas nationale.
	3 Hypermarchés	35%	parc	constante (correction 2012)	id
	4 Groupes hermétiques présents dans les petits commerces et les distributeurs automatiques	1%	équipements neufs	constante	groupe hermétique
	5 Groupes de condensation présents dans les petits commerces	15%	équipements neufs	constante (correction 2012)	données anciennes conso maintenance qq magasins
Transports frigorifiques	6 Groupes poulies-courroies utilisés dans les transports routiers	20%	équipements neufs	décroissante	donnée fabricant (Carrier)
	7 Groupes indépendants utilisés dans les transports routiers	11%	équipements neufs	décroissante	donnée fabricant (Carrier)
	8 Conteneurs frigorifiques utilisés dans les transports maritimes	20%	équipements neufs	stagnante	donnée fabricant (Carrier)
	9 Reefers	15%	équipements neufs	décroissante	pas de donnée
Industries	10 Industrie agroalimentaire de la viande	15%	parc	constante (correction 2012)	communications opérateurs
	11 Industrie agroalimentaire du poisson	15%	parc	id	id
	12 Industrie agroalimentaire des produits laitiers	15%	parc	id	id
	13 Industrie agroalimentaire du chocolat	15%	parc	id	id
	14 Industrie agroalimentaire des boissons gazeuses	15%	parc	id	id
	15 Industrie agroalimentaire de la bière et du vin	15%	parc	id	id
	16 Industrie agroalimentaire des produits surgelés	15%	parc	id	id
	17 Entrepôts frigorifiques	15%	parc	id	id
	18 Tanks à lait utilisés dans l'industrie agroalimentaire	10%	équipements neufs	décroissante	donnée fabricant
	19 Patinoires	10%	équipements neufs	décroissante	tendance opérateur
	20 Industrie chimie lourde	15%	parc	stagnante	tendance producteurs fluides historique
	21 Industrie pharmaceutique	15%	parc	stagnante	id
22 Industrie du caoutchouc	15%	parc	décroissante	donnée producteur	
Groupes refroidisseurs à eau	23 Chillers de type centrifuge	3,50%	équipements neufs	décroissante	Suivi des consommations Climafort
	24 Chillers à compresseur volumétrique de petite puissance	10%	équipements neufs	stable	données anciennes sur lesquelles est appliquée une courbe de tendance
	25 Chillers à compresseur volumétrique de moyenne puissance	5%	équipements neufs	décroissante	communications opérateurs
	26 Chillers à compresseur volumétrique de forte puissance	5%	équipements neufs	décroissante	communications opérateurs
Climatisation à air	27 Climatisation individuelle de type « mobile »	2%	équipements neufs	constante	Données fabricants (Daikin)
	28 Climatisation individuelle de type « window »	2%	équipements neufs	constante	Données fabricants (Daikin)
	29 Climatisation individuelle de type « split »	5%	équipements neufs	faiblement décroissante	Données fabricants (Daikin)
	30 Climatisation individuelle de type « multi-split »	5%	équipements neufs	faiblement décroissante	Données fabricants (Daikin)
	31 Climatisation autonome de type « armoire verticale » (ou « console »)	5%	équipements neufs	faiblement décroissante	Données fabricants (Daikin)
	32 Climatisation autonome de type « roof-top »	5%	équipements neufs	faiblement décroissante	Données fabricants (Daikin)
	33 Climatisation autonome de type « DRV »	10%	équipements neufs	faiblement décroissante	Données fabricants (Daikin)
	34 Climatisation autonome de type split ou multi split (ou « central AC »)	6%	équipements neufs	faiblement décroissante	Données fabricants (Daikin)
	35 Climatisation autonome de type « armoire spéciale » (ou « cabinet »)	5%	équipements neufs	faiblement décroissante	Données fabricants (Daikin)
Pompes à chaleur résidentielles	36 PAC Air-Eau	2%	équipements neufs	faiblement décroissante	Données fabricants (Daikin)
	37 PAC Eau-Eau	2%	équipements neufs	faiblement décroissante	Données fabricants (Daikin)
	38 PAC Sol-Eau	5%	équipements neufs	faiblement décroissante	Données fabricants (Daikin)
	39 PAC Sol-Sol	2%	équipements neufs	faiblement décroissante	Données fabricants (Daikin)
Climatisation mobile	40 Climatisation automobile	25g/an	équipements neufs puis dégradation	stable	campagnes de mesures
	41 Climatisation des véhicules industriels	35g/an	équipements neufs puis dégradation	stable	analogie clim auto
	42 Climatisation des cars et bus	15%	équipements neufs	décroissante	tendance
	43 Climatisation des trains.	5%	équipements neufs	stable depuis 2008	SNCF - taux sur le parc incluant la maintenance

Tableau I-2 Efficacité de récupération en fin de vie des équipements en 2012 par secteur.

Domaines	Sous-secteurs	Efficacité de récupération FIN DE VIE 2012	Tendance	Source & incertitude
<b>Froid domestique</b>	1 Réfrigérateurs simples, réfrigérateurs-congélateurs et congélateurs simples	35%	constante par rapport 2011	suivi DEEE et estimation du parc arrivant en fin de vie en fonction durée de vie moyenne
<b>Froid commercial</b>	2 Supermarchés	80%	constante depuis 2005	tendance donnée par les opérateurs. Mêmes opérations en fin de vie et à la maintenance
	3 Hypermarchés	80%	id	id
	4 Groupes hermétiques présents dans les petits commerces et les distributeurs automatiques	5%	croissante	intégration dans la filière DEEE pro
	5 Groupes de condensation présents dans les petits commerces	35%	croissante	Amélioration selon courbe en S à confirmer
<b>Transports frigorifiques</b>	6 Groupes poulies-courroies utilisés dans les transports routiers	75%	croissante	correction à prévoir à postériori. Valeur surestimée
	7 Groupes indépendants utilisés dans les transports routiers	75%	croissante	correction à prévoir à postériori. Valeur surestimée
	8 Conteneurs frigorifiques utilisés dans les transports maritimes	25%	lente croissante	pas de donnée, courbe de tendance
	9 Reefers	15%	lente croissante	pas de donnée, courbe de tendance
<b>Industries</b>	10 Industrie agroalimentaire de la viande	80%	niveau asymptotique atteint	tendance donnée par les opérateurs. Mêmes opérations en fin de vie et à la maintenance
	11 Industrie agroalimentaire du poisson	80%	id	id
	12 Industrie agroalimentaire des produits laitiers	80%	id	id
	13 Industrie agroalimentaire du chocolat	80%	id	id
	14 Industrie agroalimentaire des boissons gazeuses	80%	id	id
	15 Industrie agroalimentaire de la bière et du vin	80%	id	id
	16 Industrie agroalimentaire des produits surgelés	80%	id	id
	17 Entrepôts frigorifiques	80%	id	id
	18 Tanks à lait utilisés dans l'industrie agroalimentaire	45%	croissante	pas de donnée, courbe de tendance
	19 Patinoires	50%	faiblement croissante	à corriger dans les prochains inventaires à 80%. Forte amélioration ces dernières années. Retour opérateur
	20 Industrie chimie lourde	80%	croissante - courbe en S	tendance donnée par les opérateurs. Mêmes opérations en fin de vie et à la maintenance
	21 Industrie pharmaceutique	80%	croissante - courbe en S	tendance donnée par les opérateurs. Mêmes opérations en fin de vie et à la maintenance
22 Industrie du caoutchouc	80%	croissante - courbe en S	tendance donnée par les opérateurs. Mêmes opérations en fin de vie et à la maintenance	
<b>Groupes refroidisseurs à eau</b>	23 Chillers de type centrifuge	80%	niveau asymptotique atteint	tendance donnée par les opérateurs. Mêmes opérations en fin de vie et à la maintenance
	24 Chillers à compresseur volumétrique de petite puissance	75%	croissante - courbe en S	tendance donnée par les opérateurs. Mêmes opérations en fin de vie et à la maintenance
	25 Chillers à compresseur volumétrique de moyenne puissance	75%	croissante - courbe en S	tendance donnée par les opérateurs. Mêmes opérations en fin de vie et à la maintenance
	26 Chillers à compresseur volumétrique de forte puissance	75%	croissante - courbe en S	tendance donnée par les opérateurs. Mêmes opérations en fin de vie et à la maintenance
<b>Climatisation à air</b>	27 Climatisation individuelle de type « mobile »	10%	croissante - courbe en S	début de la récupération DEEE, à confirmer
	28 Climatisation individuelle de type « window »	10%	croissante - courbe en S	début de la récupération DEEE, à confirmer
	29 Climatisation individuelle de type « split »	15%	croissante - courbe en S	début de la récupération DEEE, à confirmer
	30 Climatisation individuelle de type « multi-split »	25%	croissante - courbe en S	niveau intermédiaire particulier/pro. Tendance à confirmer
	31 Climatisation autonome de type « armoire verticale » (ou « console »)	20%	croissante - courbe en S	niveau intermédiaire particulier/pro. Tendance à confirmer
	32 Climatisation autonome de type « roof-top »	75%	croissante - courbe en S	tendance donnée par les opérateurs. Mêmes opérations en fin de vie et à la maintenance
	33 Climatisation autonome de type « DRV »	75%	croissante - courbe en S	tendance donnée par les opérateurs. Mêmes opérations en fin de vie et à la maintenance
34 Climatisation autonome de type split ou multi split (ou « central AC »)	65%	croissante - courbe en S	tendance donnée par les opérateurs. Mêmes opérations en fin de vie et à la maintenance	
35 Climatisation autonome de type « armoire spéciale » (ou « cabinet »)	20%	croissante - courbe en S	niveau intermédiaire particulier/pro. Tendance à confirmer	
<b>Pompes à chaleur résidentielles</b>	36 PAC Air-Eau	30%	croissante - courbe en S	courbe de tendance, pas de données précises.
	37 PAC Eau-Eau	30%	croissante - courbe en S	courbe de tendance, pas de données précises.
	38 PAC Sol-Eau	30%	croissante - courbe en S	courbe de tendance, pas de données précises.
	39 PAC Sol-Sol	30%	croissante - courbe en S	courbe de tendance, pas de données précises.
<b>Climatisation mobile</b>	40 Climatisation automobile	5%	faiblement croissante	VHU tendance
	41 Climatisation des véhicules industriels	1%	faiblement croissante	tendance, analogie clim auto
	42 Climatisation des cars et bus	1%	faiblement croissante	tendance, analogie clim auto
	43 Climatisation des trains.	70%	croissante	mode de calcul SNCF

Tableau I-3 Charge moyenne ou ratio par secteur en 2012, tendance, sources et incertitudes.

Domaines		Sous-secteurs	charge moyenne 2012	Tendance	Source & incertitude
Froid domestique	1	Réfrigérateurs simples, réfrigérateurs-congélateurs et congélateurs simples	46g R-600a réfrigérateur 60g R-600a congélateur	supposée constante par fluide	Etudes CEP dédiées froid domestique
Froid commercial	2	Supermarchés	0,2 kg/m2	décroissante: prise en compte systèmes indirects	estimation en fonction des charges moyennes par type de système et de la pénétration estimée des systèmes indirects
	3	Hypermarchés	0,14kg/m2	id	estimation en fonction des charges moyennes par type de système et de la pénétration estimée des systèmes indirects et cascade
	4	Groupes hermétiques présents dans les petits commerces et les distributeurs automatiques	0,3 à 3kg selon type de magasin	considérée constante	Estimation selon équipements par magasin. Enquête tous les 10 ans.
	5	Groupes de condensation présents dans les petits commerces	de 2 à 20kg selon type de magasin	décroissante depuis 2000	courbe selon enquêtes de terrain 2008 et 2012
Transports frigorifiques	6	Groupes poulies-courroies utilisés dans les transports routiers	1,6kg	décroissante	donnée fabricant (Carrier)
	7	Groupes indépendants utilisés dans les transports routiers	6,5kg	décroissante	donnée fabricant (Carrier)
	8	Conteneurs frigorifiques utilisés dans les transports maritimes	4,6kg	constante	donnée fabricant
	9	Reefers	1 t	décroissante	tendance
Industries	10	Industrie agroalimentaire de la viande	calcul fonction de la production denrées et part syst ind	pas d'estimation	courbe de croissance de la pénétration des systèmes indirects. Ratios kg/kW directs ou indirects constants.
	11	Industrie agroalimentaire du poisson	id	id	id
	12	Industrie agroalimentaire des produits laitiers	id	id	id
	13	Industrie agroalimentaire du chocolat	id	id	id
	14	Industrie agroalimentaire des boissons gazeuses	id	id	id
	15	Industrie agroalimentaire de la bière et du vin	id	id	id
	16	Industrie agroalimentaire des produits surgelés	id	id	id
	17	Entrepôts frigorifiques	id	id	id
	18	Tanks à lait utilisés dans l'industrie agroalimentaire	2,1kg/m3	constante	donnée fabricant
	19	Patinoires	300 à 700kg selon fluide	décroissante	donnée installateur
	20	Industrie chimie lourde	2 300 kg/t produite	constante	Ratios historiques. Pas de données récentes.
	21	Industrie pharmaceutique	600 kg/ t produite	constante	id
22	Industrie du caoutchouc	0,08 kg/t produite	constante	donnée producteur récente.	
Groupes refroidisseurs à eau	23	Chillers de type centrifuge	0,3 kg/kW	décroissante	données régulières Climafort
	24	Chillers à compresseur volumétrique de petite puissance	0,3 kg/kW	constante depuis 2000	Ratios historiques. Pas de données récentes.
	25	Chillers à compresseur volumétrique de moyenne puissance	0,3 kg/kW	constante depuis 2000	Ratios historiques. Pas de données récentes.
	26	Chillers à compresseur volumétrique de forte puissance	0,2 kg/KW	décroissante	JCI
Climatisation à air	27	Climatisation individuelle de type « mobile »	0,5 kg	supposée constante	fabricant - révision Daikin 2011
	28	Climatisation individuelle de type « window »	0,6 kg	supposée constante	fabricant - révision Daikin 2011
	29	Climatisation individuelle de type « split »	1 kg	supposée constante	fabricant - révision Daikin 2011
	30	Climatisation individuelle de type « multi-split »	1,5 kg	supposée constante	incertitude forte - écart avec moyenne Daikin. Répartition des ventes par puissance en recherche
	31	Climatisation autonome de type « armoire verticale » (ou « console »)	1,5 kg	supposée constante	fabricant - révision Daikin 2011
	32	Climatisation autonome de type « roof-top »	26 kg puis 21kg R-410A	supposée constante	fabricant - révision Daikin 2011
	33	Climatisation autonome de type « DRV »	9 kg	supposée constante	fabricant - révision Daikin 2011
	34	Climatisation autonome de type split ou multi split (ou « central AC »)	7,5 kg	supposée constante	fabricant - révision Daikin 2011
	35	Climatisation autonome de type « armoire spéciale » (ou « cabinet »)	5 kg	supposée constante	fabricant - révision Daikin 2011
Pompes à chaleur résidentielles	36	PAC Air-Eau	3,5kg	supposée constante	fabricant - révision Daikin 2011
	37	PAC Eau-Eau	2,5 kg	supposée constante	fabricant - révision Daikin 2011
	38	PAC Sol-Eau	15 kg	supposée constante	fabricant - révision Daikin 2011
	39	PAC Sol-Sol	15 kg	supposée constante	fabricant - révision Daikin 2011
Climatisation mobile	40	Climatisation automobile	502g	décroissante	Valéo
	41	Climatisation des véhicules industriels	750g	décroissante	tendance sur données constructeurs
	42	Climatisation des cars et bus	10kg	décroissante	tendance sur données RATP
	43	Climatisation des trains.	10 kg	décroissante	SNCF

Tableau I-4 Sources et incertitudes pour les marchés d'équipements

Domaines		Sous-secteurs	Source donnée marchés	Tendance	Incertitude
Froid domestique	1	Réfrigérateurs simples, réfrigérateurs-congélateurs et congélateurs simples	Gifam	suivi régulier depuis 2000	représentativité des adhérents du Gifam (estimée à 90%). Ventes DOM COM incluses
Froid commercial	2	Supermarchés	nouvelles surfaces de vente INSEE ou nombre magasins et estimation surface moyenne	données INSEE ou LSA ou NIELSEN	si nouvelles surfaces estimées par le nombre de nouveaux magasins et la surface moyenne. Celle-ci est le plus souvent rapportée au par cet non au nombre de nouveaux magasins
	3	Hypermarchés	id	id	id
	4	Groupes hermétiques présents dans les petits commerces et les distributeurs automatiques	données éparées relatives à l'évolution du parc	irrégulier. Difficulté de distinction fermeture magasins.	forte incertitude nombre de magasins et approximation modèle de magasin
	5	Groupes de condensation présents dans les petits commerces	id	id	id
Transports frigorifiques	6	Groupes poulies-courroies utilisés dans les transports routiers	carcoserco	suivi régulier depuis 2000	représentativité des adhérents Carcoserco
	7	Groupes indépendants utilisés dans les transports routiers	carcoserco	suivi régulier depuis 2000	id
	8	Conteneurs frigorifiques utilisés dans les transports maritimes	Worldshipping/ Container handbook	données jusqu'en 2009	estimation du marché à partir de données parc et durée de vie moyenne
	9	Reefers	publications éparées	marché très faible	marché très faible
Industries	10	Industrie agroalimentaire de la viande	non utilisés		
	11	Industrie agroalimentaire du poisson	non utilisés		
	12	Industrie agroalimentaire produits laitiers	non utilisés		
	13	Industrie agroalimentaire du chocolat	non utilisés		
	14	Industrie boissons gazeuses	non utilisés		
	15	Industrie agroalimentaire bière et vin	non utilisés		
	16	Industrie agroalimentaire des surgelés	non utilisés		
	17	Entrepôts frigorifiques	non utilisés		
	18	Tanks à lait utilisés dans l'industrie agroalimentaire	estimé par rapport à la production laitière		méthode d'estimation approchée
	19	Patinoires	syndicat des patinoires	suivi parc	estimation en fonction parc et durée de vie moyenne
Groupes refroidisseurs à eau	20	Industrie chimie lourde	non utilisés		
	21	Industrie pharmaceutique	non utilisés		
	22	Industrie du caoutchouc	non utilisés		
	23	Chillers de type centrifuge	Estimation Carrier ancienne	pas de suivi	ordre de grandeur connu, pas de suivi précis (ni BSRIA, ni ClimInfo)
Climatisation à air	24	Chillers à compresseur volumétrique de petite puissance	Clim'Info	marché précis par gamme de puissance depuis 2010	incertitude sur l'historique. Possibilités de double comptages dans les années 2005-2007
	25	Chillers à compresseur volumétrique de moyenne puissance	Clim'Info	marché précis par gamme de puissance depuis 2010	représentativité des adhérents de Clim Info
	26	Chillers à compresseur volumétrique de forte puissance	Clim'Info	marché précis par gamme de puissance depuis 2010	représentativité des adhérents de Clim Info
	27	Climatisation individuelle de type « mobile »	Clim'Info	plus de suivi	forte incertitude. Pas de suivi des importations.
Pompes à chaleur résidentielles	28	Climatisation individuelle de type « window »	Clim'Info	suivi régulier depuis 2000	représentativité des adhérents de Clim Info
	29	Climatisation individuelle de type « split »	Clim'Info	suivi régulier depuis 2000	représentativité des adhérents de Clim Info
	30	Climatisation individuelle de type « multi-split »	Clim'Info	suivi régulier depuis 2000	représentativité des adhérents de Clim Info
	31	Climatisation autonome de type « armoire verticale » (ou « console »)	Clim'Info	suivi régulier depuis 2000	représentativité des adhérents de Clim Info
	32	Climatisation autonome de type « roof-top »	Clim'Info	suivi régulier depuis 2000	représentativité des adhérents de Clim Info
	33	Climatisation autonome de type « DRV »	Clim'Info	suivi régulier depuis 2000	représentativité des adhérents de Clim Info
	34	Climatisation autonome de type split ou multi split (ou « central AC »)	Clim'Info	suivi régulier depuis 2000	représentativité des adhérents de Clim Info
	35	Climatisation autonome de type « armoire spéciale » (ou « cabinet »)	Clim'Info	suivi régulier depuis 2000	représentativité des adhérents de Clim Info
Climatisation mobile	36	PAC Air-Eau	Clim'Info	poursuite suivi AFPAC	incertitude sur l'historique. Possibilités de double comptages dans les années 2005-2007
	37	PAC Eau-Eau	Clim'Info	poursuite suivi AFPAC	incertitude sur l'historique. Possibilités de double comptages dans les années 2005-2007
	38	PAC Sol-Eau	Clim'Info	poursuite suivi AFPAC	incertitude sur l'historique. Possibilités de double comptages dans les années 2005-2007
	39	PAC Sol-Sol	Clim'Info	poursuite suivi AFPAC	incertitude sur l'historique. Possibilités de double comptages dans les années 2005-2007
Climatisation automobile	40	Climatisation automobile	marchés CCFA courbe tendance véhicules climatisés (94% en 2012)	suivi régulier	faible
	41	Climatisation des véhicules industriels	CCFA + courbe pénétration clim (80% en 2012)	suivi régulier	faible
	42	Climatisation des cars et bus	CCFA + courbe pénétration clim (75% en 2012)	suivi régulier	moyenne. Incertitude sur part des véhicules climatisés - courbe tendancielle.
	43	Climatisation des trains.	estimés en fonction de l'évolution du parc SNCF	suivi régulier	faible

Tableau I-5 Sources et incertitudes pour les productions d'équipements

Domaines		Sous-secteurs	Source donnée productions	Tendance	Incertitude
Froid domestique	1	Réfrigérateurs simples, réfrigérateurs-congélateurs et congélateurs simples	Brandt jusqu'en 2005	production française nulle	0
Froid commercial	2	Supermarchés	pas utilisée	charge sur site	-
	3	Hypermarchés	pas utilisée	charge sur site	-
	4	Groupes hermétiques présents dans les petits commerces et les distributeurs automatiques	pas de donnée	marché = production	forte incertitude
	5	Groupes de condensation présents dans les petits commerces	pas de donnée	marché = production	forte incertitude
Transports frigorifiques	6	Groupes poulies-courroies utilisés dans les transports routiers	Cemafruid	extraction base Datafrig	représentativité, choix des critères d'extraction
	7	Groupes indépendants utilisés dans les transports routiers	Carrier	estimation production selon part de marché	estimation du fabricant
	8	Conteneurs frigorifiques utilisés dans les transports maritimes	Worldshipping/ Container handbook	données jusqu'en 2009	Estimation tendancielle basée sur l'historique pour 2010-2012. Incertitude part de la France.
	9	Reefers	id marché	marché = production	estimation à 10% du niveau mondial
Industries	10	Industrie agroalimentaire de la viande	méthodo dédiée Données productions denrées: FAO		recensement FAO. Délai de mise à jour.
	11	Industrie agroalimentaire du poisson	FAO		id
	12	Industrie agroalimentaire produits laitiers	FAO		id
	13	Industrie agroalimentaire du chocolat	FAO		id
	14	Industrie boissons gazeuses	FAO		id
	15	Industrie agroalimentaire bière et vin	FAO		id
	16	Industrie agroalimentaire des surgelés	FAO		id
	17	Entrepôts frigorifiques	FAO		id
	18	Tanks à lait utilisés dans l'industrie agroalimentaire	pas de données	marché = production	forte incertitude
	19	Patinoires	chargé sur site	marché = production	incertitude nombre patinoires mobiles
	20	Industrie chimie lourde	Arkema	constante	données anciennes prolongées
21	Industrie pharmaceutique	Arkema	constante	données anciennes prolongées	
22	Industrie du caoutchouc	Syndicat National Caoutchouc et Polymères SNCP		faible	
Groupes refroidisseurs à eau	23	Chillers de type centrifuge	Carrier & BSRIA	variable	incertitude élevée selon la source BSRIA
	24	Chillers à compresseur volumétrique de petite puissance	Carrier & BSRIA	variable	incertitude élevée selon la source BSRIA
	25	Chillers à compresseur volumétrique de moyenne puissance	Carrier & BSRIA	variable	incertitude élevée selon la source BSRIA
	26	Chillers à compresseur volumétrique de forte puissance	Carrier & BSRIA	variable	incertitude élevée selon la source BSRIA
Climatisation à air	27	Climatisation individuelle de type « mobile »	BSRIA	variable	forte incertitude
	28	Climatisation individuelle de type « window »	BSRIA	variable	forte incertitude
	29	Climatisation individuelle de type « split »	BSRIA	variable	forte incertitude
	30	Climatisation individuelle de type « multi-split »	Clim Info	marché = production	part chargée d'usine négligée
	31	Climatisation autonome de type « armoire verticale » (ou « console »)	Clim Info	marché = production	incertitude faible
	32	Climatisation autonome de type « roof-top »	BSRIA	variable	forte incertitude
	33	Climatisation autonome de type « DRV »	Clim Info	marché = production	incertitude faible
	34	Climatisation autonome de type split ou multi split (ou « central AC »)	Clim Info	marché = production	part chargée d'usine négligée
35	Climatisation autonome de type « armoire spéciale » (ou « cabinet »)	Clim Info	marché = production	incertitude faible	
Pompes à chaleur résidentielles	36	PAC Air-Eau	Uniclisma	ordre de grandeur	forte incertitude
	37	PAC Eau-Eau	Uniclisma	ordre de grandeur	forte incertitude
	38	PAC Sol-Eau	Uniclisma	ordre de grandeur	forte incertitude
	39	PAC Sol-Sol	Clim Info	marché = production	incertitude faible
Climatisation mobile	40	Climatisation automobile	CCFA + courbe pénétration clim	suivi régulier	incertitude faible
	41	Climatisation des véhicules industriels	CCFA + courbe pénétration clim	suivi régulier	incertitude faible
	42	Climatisation des cars et bus	OICA + courbe pénétration clim	suivi régulier	incertitude pénétration climatisation
	43	Climatisation des trains.	SNCF	marché = production	incertitude faible

Tableau I-6 Fluides utilisés sur les marchés neufs d'équipements

Domaines		Sous-secteurs	Fluides	Source	Incertitude
<b>Froid domestique</b>	1	Réfrigérateurs simples, réfrigérateurs-congélateurs et congélateurs simples	R-600a: 97 à 100%	enquête de terrain magasins	tendance. Pas de nombre de ventes d'appareil par type de fluide au niveau national
<b>Froid commercial</b>	2	Supermarchés	40% R-404A/ 40% R-134a/ 20% CO2	enquête de terrain chaînes de magasins et opérateurs	tendance d'utilisation opérateurs
	3	Hypermarchés	25% R-404A/ 40% R-134a/ 35% CO2	id	tendance d'utilisation opérateurs
	4	Groupes hermétiques présents dans les petits commerces et les distributeurs automatiques	45% R-134a/ 45% R-404A/ 5% R-290/ 5% R-600a DA: 90% R-134a/ 8% R-290/ 2% CO2	enquête de terrain magasins et interviews fabricants	tendances fabricants
	5	Groupes de condensation présents dans les petits commerces	70% R-404A/ 30% R-134a	id	id
<b>Transports frigorifiques</b>	6	Groupes poulies-courroies utilisés dans les transports routiers	90% R-404A/ 10% R-134a	Cemafroid	représentativité base de données Datafrig
	7	Groupes indépendants utilisés dans les transports routiers	99% R-404A/ 0,6% R-410A/ 0,1% R-134a	Cemafroid	id
	8	Conteneurs frigorifiques utilisés dans les transports maritimes	97% R-134a/ 2% R-404A/ 1% CO2	Carrier	secteur traité au niveau mondial. 10% attribué à la France.
	9	Reefers	35% R-134a/ 45% R-404A/ 20% R-22	tendance par rapport fluides utilisés historiquement	id
<b>Industries</b>	10	Industrie agroalimentaire de la viande	20% R-134a/ 20% R-404A/ 15% CO2/ 45% NH3	opérateurs	évolution tendancielle selon échantillon entreprises suivies. Pas de suivi national
	11	Industrie agroalimentaire du poisson	20% R-134a/ 15% R-404A/ 15% CO2/ 50% NH3	opérateurs	id
	12	Industrie agroalimentaire des produits laitiers	25% R-134a/ 20% R-404A/ 55% NH3	opérateurs	id
	13	Industrie agroalimentaire du chocolat	30% R-134a/ 20% R-404A/ 50% NH3	opérateurs	id
	14	Industrie agroalimentaire des boissons gazeuses	30% R-134a/ 20% R-404A/ 50% NH3	opérateurs	id
	15	Industrie agroalimentaire de la bière et du vin	20% R-134a/ 30% R-404A/ 50% NH3	opérateurs	id
	16	Industrie agroalimentaire des produits surgelés	15% R-134a/ 15% R-404A/ 20% CO2/ 50% NH3	opérateurs	id
	17	Entrepôts frigorifiques	10% R-134a/ 20% R-404A/ 10% CO2/ 60% NH3	opérateurs	id
	18	Tanks à lait utilisés dans l'industrie agroalimentaire	100% R-404A	fabricants	-
	19	Patinoires	75% R-134a/ 15% R-404A/ 5% R-507/ 5% NH3	opérateurs	tendance d'utilisation opérateurs
	20	Industrie chimie lourde	65% R-134a 30% R-404A 5% NH3	tendance par rapport fluides utilisés historiquement	moyenne - données anciennes & courbe de tendance
	21	Industrie pharmaceutique	70% R-134a 30% NH3	tendance par rapport fluides utilisés historiquement	moyenne - données anciennes & courbe de tendance
22	Industrie du caoutchouc	95% R-134a 5% NH3	producteur caoutchouc	faible	
<b>Groupes refroidisseurs à eau</b>	23	Chillers de type centrifuge	100% R-134a	Climafort	faible
	24	Chillers à compresseur volumétrique de petite puissance	73% R-410A/ 27% R-407C	Clim'Info	faible
	25	Chillers à compresseur volumétrique de moyenne puissance	95% R-410A/ 4% R-407C 1% NH3	Clim'Info	faible
	26	Chillers à compresseur volumétrique de forte puissance	35% R-407C/ 40% R-134a 23% R-410A/ 2% NH3	Clim'Info	faible
<b>Climatisation à air</b>	27	Climatisation individuelle de type « mobile »	100% R-410A	Clim 'Info	faible
	28	Climatisation individuelle de type « window »	100% R-410A	Clim 'Info	faible
	29	Climatisation individuelle de type « split »	99% R-410A 1% R-407C	Clim 'Info	faible
	30	Climatisation individuelle de type « multi-split »	98% R-410A 2% R-407C	Clim 'Info	faible
	31	Climatisation autonome de type « armoire verticale » (ou « console »)	99% R-410A 1% R-134a	Clim 'Info	faible
	32	Climatisation autonome de type « roof-top »	80% R-410A 20% R-407C	Clim 'Info	faible
	33	Climatisation autonome de type « DRV »	60% R-410A 25% R-407C 15% R-134a	Clim 'Info	faible
	34	Climatisation autonome de type split ou multi split (ou « central AC »)	95% R-410A 5% R-407C	Clim 'Info	faible
	35	Climatisation autonome de type « armoire spéciale » (ou « cabinet »)	99% R-410A 1% R-407C	Clim Info	faible
<b>Pompes à chaleur résidentielles</b>	36	PAC Air-Eau	90% R-410A/ 7% R-407C 1% R-134a/ 2% R-290	Clim Info	moyenne - catégories Clim Info différentes
	37	PAC Eau-Eau	55% R-407C/ 40% R-410A 5% R-134a	Clim Info	moyenne - catégories Clim Info différentes
	38	PAC Sol-Eau	55% R-407C/ 40% R-410A 5% R-134a	Clim Info	moyenne - catégories Clim Info différentes
	39	PAC Sol-Sol	55% R-407C/ 40% R-410A 5% R-134a	Clim Info	moyenne - catégories Clim Info différentes
<b>Climatisation mobile</b>	40	Climatisation automobile	99,5% R-134a 0,5% R-1234yf	Valéo	faible
	41	Climatisation des véhicules industriels	99,5% R-134a 0,5% R-1234yf	pas d'info	analogie clim auto
	42	Climatisation des cars et bus	100% R-134a	pas de nouveau	faible
	43	Climatisation des trains.	70% R-134a 30% R-407C	répartition R-134a/ R-407C variable	lien étroit avec le type d'équipement au sein des trains. Très variable.

Tableau I-7 Durées de vie moyennes

Domaines		Sous-secteurs	Durée (ans) de VIE moyenne ou fréquence de RENOUELEMENT	Source & incertitude
Froid domestique	1	Réfrigérateurs simples, réfrigérateurs-congélateurs et congélateurs simples	15	données INSEE de taux d'équipements - écarts
Froid commercial	2	Supermarchés	15	tendance opérateurs - variable. Difficulté de prise en compte des renouvellements partiels (retrofit meubles)
	3	Hypermarchés	15	idem
	4	Groupes hermétiques présents dans les petits commerces et les distributeurs automatiques	15	tendance opérateurs - variable
	5	Groupes de condensation présents dans les petits commerces	15	tendance opérateurs - variable
	Transports frigorifiques	6	Groupes poulies-courroies utilisés dans les transports routiers	10
7		Groupes indépendants utilisés dans les transports routiers	10	concorde avec estimation parc européen
8		Conteneurs frigorifiques utilisés dans les transports maritimes	14	concorde avec estimation parc mondial
9		Reefers	30	ordre de grandeur
Industries	10	Industrie agroalimentaire de la viande	30	ordre de grandeur installateurs
	11	Industrie agroalimentaire du poisson	30	ordre de grandeur installateurs
	12	Industrie agroalimentaire produits laitiers	30	ordre de grandeur installateurs
	13	Industrie agroalimentaire du chocolat	30	ordre de grandeur installateurs
	14	Industrie boissons gazeuses	30	ordre de grandeur installateurs
	15	Industrie agroalimentaire bière et vin	30	ordre de grandeur installateurs
	16	Industrie agroalimentaire des surgelés	30	ordre de grandeur installateurs
	17	Entrepôts frigorifiques	30	ordre de grandeur installateurs
	18	Tanks à lait utilisés dans l'industrie agroalimentaire	15	ordre de grandeur fabricant
	19	Patinoires	15	ordre de grandeur installateurs
	20	Industrie chimie lourde	30	ordre de grandeur installateurs
	21	Industrie pharmaceutique	30	ordre de grandeur installateurs
	22	Industrie du caoutchouc	30	ordre de grandeur installateurs
Groupes refroidisseurs à eau	23	Chillers de type centrifuge	25	ordre de grandeur installateurs
	24	Chillers à compresseur volumétrique de petite puissance	15	ordre de grandeur installateurs
	25	Chillers à compresseur volumétrique de moyenne puissance	15	ordre de grandeur installateurs
	26	Chillers à compresseur volumétrique de forte puissance	20	ordre de grandeur installateurs
Climatisation à air	27	Climatisation individuelle de type « mobile »	10	ordre de grandeur fabricant
	28	Climatisation individuelle de type « window »	10	ordre de grandeur fabricant
	29	Climatisation individuelle de type « split »	15	ordre de grandeur fabricant
	30	Climatisation individuelle de type « multi-split »	15	ordre de grandeur fabricant
	31	Climatisation autonome de type « armoire verticale » (ou « console »)	20	ordre de grandeur fabricant
	32	Climatisation autonome de type « roof-top »	15	ordre de grandeur fabricant
	33	Climatisation autonome de type « DRV »	15	ordre de grandeur fabricant
	34	Climatisation autonome de type split ou multi split (ou « central AC »)	15	ordre de grandeur fabricant
	35	Climatisation autonome de type « armoire spéciale » (ou « cabinet »)	15	ordre de grandeur fabricant
Pompes à chaleur résidentielles	36	PAC Air-Eau	15	ordre de grandeur fabricant
	37	PAC Eau-Eau	15	ordre de grandeur fabricant
	38	PAC Sol-Eau	15	ordre de grandeur fabricant
	39	PAC Sol-Sol	15	ordre de grandeur fabricant
Climatisation mobile	40	Climatisation automobile	9 circuit/ 12 véhicule	concorde avec données parc CITEPA
	41	Climatisation des véhicules industriels	9 circuit/ 12 véhicule	analogie clim auto
	42	Climatisation des cars et bus	15 circuit/ 20 véhicule	analogie clim auto
	43	Climatisation des trains.	15	SNCF

Les derniers paramètres intervenant dans le calcul sont:

- le taux d'émissions à la charge, il est supposé égal à 5 % de la charge moyenne pour toutes les applications;
- le taux d'émissions lors des opérations de retrofit: il est supposé égal au taux d'émissions en fin de vie des équipements (pour le fluide retiré) et au taux d'émissions à la charge (pour le fluide réintroduit);
- le taux d'émissions à la maintenance: il est inclus dans le taux d'émissions fugitives pour toutes les applications, excepté pour la climatisation embarquée: il est estimé à 20% pour la climatisation automobile (véhicules particuliers et Véhicules Utilitaires Légers, VUL) et à 40% pour les véhicules industriels (VI).

La réalisation des inventaires d'émissions de fluides frigorigènes nécessite donc la mise à jour d'un grand nombre de paramètres. Ces derniers doivent être connus sur une période équivalente à la durée de vie de l'équipement afin de pouvoir reconstituer la banque, et de là calculer les émissions fugitives et fin de vie. Chaque étude d'inventaires est l'occasion d'une vérification des hypothèses, de la mise à jour des paramètres pour l'année d'inventaire mais également sur l'historique. Certaines données, telles que les productions d'équipements, sont particulièrement difficiles à obtenir, étant le plus souvent confidentielles. D'autres paramètres nécessitent la communication de détenteurs ou d'opérateurs, sur un échantillon le plus large possible afin d'être représentatif du niveau national, afin de déterminer les niveaux d'émissions par exemple. Le dernier tableau, ci-dessous, récapitule les principales incertitudes par secteur et donne des pistes d'amélioration possibles.

Tableau I-8 - Principales incertitudes par secteur d'application.

Domaines		Sous-secteurs	sources d'incertitudes
Froid domestique	1	Réfrigérateurs simples, réfrigérateurs-congélateurs et congélateurs simples	Pas de prise en compte de certains équipements niches: caves à vin, chauffe-eau. Acrt parc/taux d'équipement INSEE
Froid commercial	2	Supermarchés	Hypothèses basées sur les communications d'un échantillon de magasins (taux d'émissions, fluides). Pas de suivi national. Estimation des parts des systèmes indirects (tendance), de la durée de renouvellement des installations (fixée à 15 ans)
	3	Hypermarchés	Même chose pour les hypermarchés
	4	Groupes hermétiques présents dans les petits commerces et les distributeurs automatiques	Pas de données marchés ni productions d'équipements. Adaptation de la méthode de calcul basée sur l'estimation d'un niveau d'équipement type par magasin.
	5	Groupes de condensation présents dans les petits commerces	<i>id</i>
Transports frigorifiques	6	Groupes poulies-courroies utilisés dans les transports routiers	Incertitude forte sur la filière de récupération
	7	Groupes indépendants utilisés dans les transports routiers	Incertitude sur la filière de récupération et l'estimation grossière de la production
	8	Conteneurs frigorifiques utilisés dans les transports maritimes	Pas de suivi statistique régulier au niveau mondial. Part de la France difficile à estimer.
	9	Reefers	<i>id</i>
Industries	10	Industrie agroalimentaire de la viande	Difficulté de mises à jour des ratios utilisés dans la méthode de calcul. Courbes de pénétration systèmes indirects et fluides tendancielle
	11	Industrie agroalimentaire du poisson	<i>id</i>
	12	Industrie agroalimentaire des produits laitiers	<i>id</i>
	13	Industrie agroalimentaire du chocolat	<i>id</i>
	14	Industrie agroalimentaire des boissons gazeuses	<i>id</i>
	15	Industrie agroalimentaire de la bière et du vin	<i>id</i>
	16	Industrie agroalimentaire des produits surgelés	<i>id</i>
	17	Entrepôts frigorifiques	<i>id</i>
	18	Tanks à lait utilisés dans l'industrie agroalimentaire	Pas de données marché ni production.
	19	Patinoires	Pas de données précises sur le renouvellement des installations et les patinoires mobiles.
	20	Industrie chimie lourde	Peu de communication des sites de production. Evolution tendancielle selon estimation expert
	21	Industrie pharmaceutique	Peu de communication des sites de production. Evolution tendancielle selon estimation expert
22	Industrie du caoutchouc	Faible incertitude car seulement deux sites de productions en France. Bonne communication.	
Groupes refroidisseurs à eau	23	Chillers de type centrifuge	pas de données précises productions - tendances tendances ratios de charge
	24	Chillers à compresseur volumétrique de petite puissance	pas de données précises productions - tendances & tendances ratios de charge
	25	Chillers à compresseur volumétrique de moyenne puissance	pas de données précises productions - tendances & tendances ratios de charge
	26	Chillers à compresseur volumétrique de forte puissance	pas de données précises productions - tendances
Climatisation à air	27	Climatisation individuelle de type « mobile »	forte incertitude: pas de données de productions, plus de suivi national marchés
	28	Climatisation individuelle de type « window »	pas de données productions
	29	Climatisation individuelle de type « split »	pas de données productions
	30	Climatisation individuelle de type « multi-split »	pas de données productions, pas de prise en compte de la partie chargée en usine. Forte incertitude sur la charge (variation en fonction de la puissance).
	31	Climatisation autonome de type « armoire verticale » (ou « console »)	pas de données productions
	32	Climatisation autonome de type « roof-top »	pas de données productions
	33	Climatisation autonome de type « DRV »	pas de données productions
	34	Climatisation autonome de type split ou multi split (ou « central AC »)	pas de données productions, pas de prise en compte de la partie chargée en usine
	35	Climatisation autonome de type « armoire spéciale » (ou « cabinet »)	pas de données productions
Pompes à chaleur résidentielles	36	PAC Air-Eau	pas de données précises productions - tendances Charge supposée constante - Données fluides globales PAC
	37	PAC Eau-Eau	pas de données précises productions - tendances Charge supposée constante - Données fluides globales PAC
	38	PAC Sol-Eau	pas de données précises productions - tendances Charge supposée constante - Données fluides globales PAC
	39	PAC Sol-Sol	charge supposée constante. Données fluides globales PAC
Climatisation mobile	40	Climatisation automobile	Méthodo: pas de validation du niveau de dégradation du taux d'émissions (pas de données sur le niveau du marché maintenance)
	41	Climatisation des véhicules industriels	idem. Analogies clim auto mais données moins suivies.
	42	Climatisation des cars et bus	incertitudes courbe de pénétration climatisation et pratiques maintenance et fin de vie au niveau national
	43	Climatisation des trains	estimation des marchés en fonction du renouvellement du parc

## Résultats 2012

Les résultats du calcul inventaires 2012 ont été obtenus à partir des hypothèses récapitulées aux tableaux 1 à 5 en tenant compte des valeurs des PRG du 2<sup>ème</sup> rapport d'évaluation du GIEC, valeurs de référence dans le reporting international.

### EMISSIONS

Les émissions de fluides frigorigènes sont évaluées à 8 300 tonnes en 2012, soit 15,8 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> équivalentes. Elles sont dues à 84 % aux HFC (Tableau I-9). Le R-404A (PRG=3260) est responsable de 42 % de ces émissions et le R-134a (PRG=1300) de 26 %. La part des émissions équivalentes CO<sub>2</sub> de R-404A est en forte croissance et représente 6,6 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> émises en 2012.

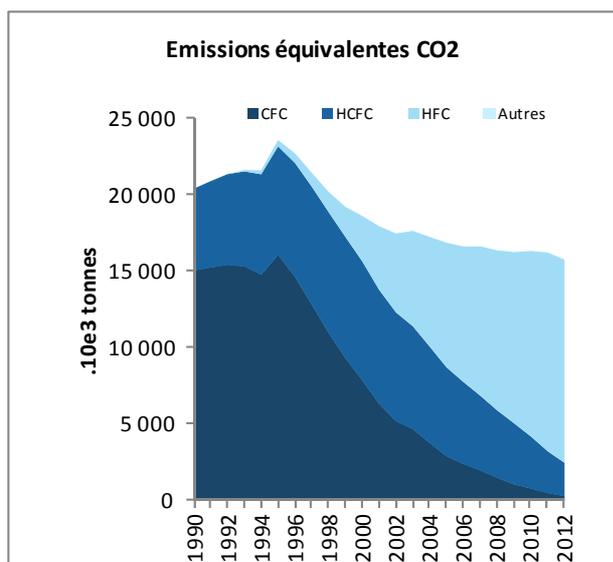


Figure I-1 - Emissions totales de fluides frigorigènes en France métropole, en équivalent CO<sub>2</sub>.

Tableau I-9 Evolution des émissions CO<sub>2</sub> équivalentes (millions de tonnes) en France métropolitaine.

	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	15,06	5,38	0,00	0,00	20,44
1991	15,26	5,67	0,00	0,00	20,94
1992	15,44	5,95	0,00	0,00	21,39
1993	15,34	6,23	0,10	0,00	21,66
1994	14,80	6,58	0,26	0,00	21,64
1995	16,10	7,11	0,41	0,00	23,62
1996	14,66	7,46	0,62	0,00	22,74
1997	12,84	7,73	0,90	0,00	21,47
1998	10,99	7,91	1,31	0,00	20,22
1999	9,32	7,95	1,96	0,00	19,24
2000	7,87	7,80	2,97	0,00	18,64
2001	6,35	7,47	4,15	0,00	17,97
2002	5,21	7,13	5,16	0,00	17,50
2003	4,69	6,74	6,24	0,00	17,67
2004	3,78	6,31	7,18	0,00	17,27
2005	2,91	5,83	8,15	0,00	16,90
2006	2,41	5,38	8,86	0,00	16,64
2007	1,99	4,90	9,76	0,00	16,65
2008	1,51	4,43	10,46	0,00	16,39
2009	1,08	4,01	11,19	0,00	16,28
2010	0,81	3,42	12,12	0,00	16,34
2011	0,51	2,75	12,99	0,00	16,24
2012	0,30	2,20	13,28	0,00	15,78

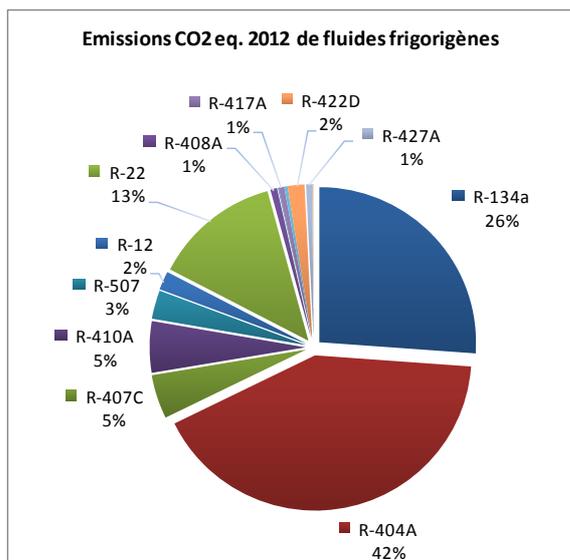


Figure I-2 - Répartition par fluide des émissions totales équivalentes CO<sub>2</sub> de fluides frigorigènes en France métropole.

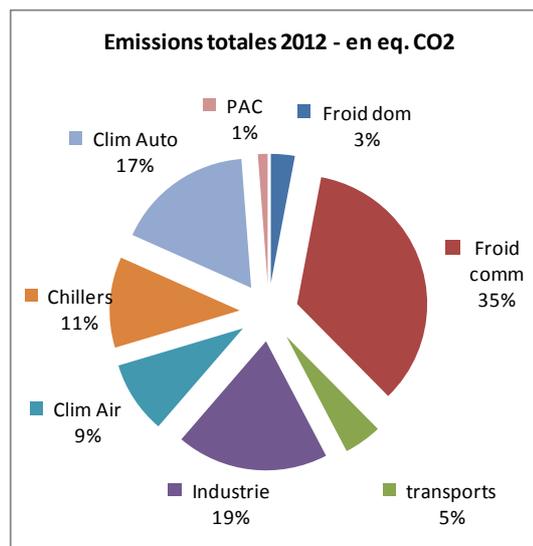


Figure I-3 - Répartition sectorielle des émissions de fluides frigorigènes en équivalent CO<sub>2</sub>.

En France métropole, les émissions CO<sub>2</sub> équivalentes sont en baisse de 3 % par rapport à 2011 grâce, principalement, aux secteurs des chillers, de la climatisation automobile et du froid domestique dont les renouvellements d'équipements ont progressivement permis d'obtenir un parc moins émissif. Les émissions CO<sub>2</sub> de fluides frigorigènes sont largement dominées depuis plusieurs années par le secteur du froid commercial. Du fait des corrections apportées dans cette édition d'inventaires aux taux d'émissions des super et hypermarchés, cette tendance est accrue mais reste à confirmer: les émissions du froid commercial représentent, en 2012, 35 % des émissions CO<sub>2</sub> équivalentes de fluides frigorigènes de la France métropole.

Dans les territoires des DOM COM, les émissions sont équivalentes à environ 4 % du niveau de la métropole, soit environ 0,6 million de tonnes de CO<sub>2</sub> sur l'ensemble des secteurs en 2012.

## BANQUE

En 2012, la banque totale de fluides frigorigènes en France métropole est stable par rapport à 2011 (+0,5 %) et estimée à 57 400 tonnes. Elle est dominée par le R-134a (Figure I-5) et le secteur de la climatisation automobile (Figure I-6) . Du fait des retrofits et fins de vie d'installations, la banque de HCFC, fortement décroissante (-21 %), est réduite à 5 800 tonnes.

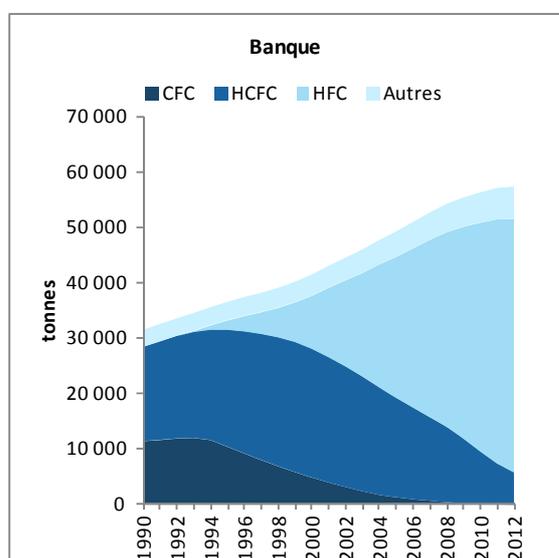


Figure I-4 - Banque de fluides frigorigènes en France métropole

Tableau I-10 Evolution de la banque de fluides frigorigènes de 1990 à 2012

	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	11 490	16 927	0	3 029	31 447
1991	11 710	17 711	0	3 086	32 506
1992	11 973	18 439	2	3 125	33 539
1993	12 070	19 108	172	3 162	34 511
1994	11 697	19 881	762	3 216	35 555
1995	10 490	21 077	1 671	3 284	36 523
1996	9 273	22 010	2 740	3 368	37 391
1997	8 089	22 726	3 880	3 452	38 146
1998	6 971	23 239	5 278	3 551	39 039
1999	5 928	23 443	7 118	3 654	40 143
2000	4 924	23 215	9 536	3 765	41 439
2001	4 038	22 577	12 528	3 902	43 044
2002	3 235	21 737	15 497	4 046	44 516
2003	2 464	20 695	18 634	4 205	45 998
2004	1 802	19 393	22 141	4 375	47 712
2005	1 370	17 964	25 373	4 554	49 262
2006	1 022	16 520	28 685	4 741	50 968
2007	739	15 063	31 987	4 920	52 709
2008	500	13 585	35 082	5 088	54 255
2009	310	11 629	38 203	5 266	55 408
2010	174	9 452	41 268	5 471	56 364
2011	78	7 388	44 025	5 650	57 141
2012	20	5 825	45 749	5 822	57 416

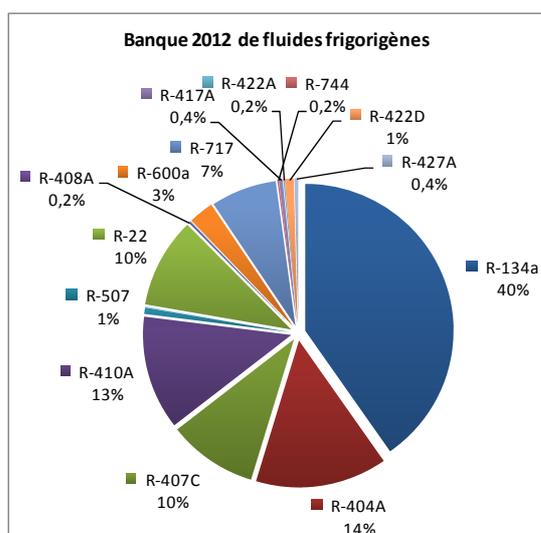


Figure I-5 - Répartition des fluides formant la banque de France métropole.

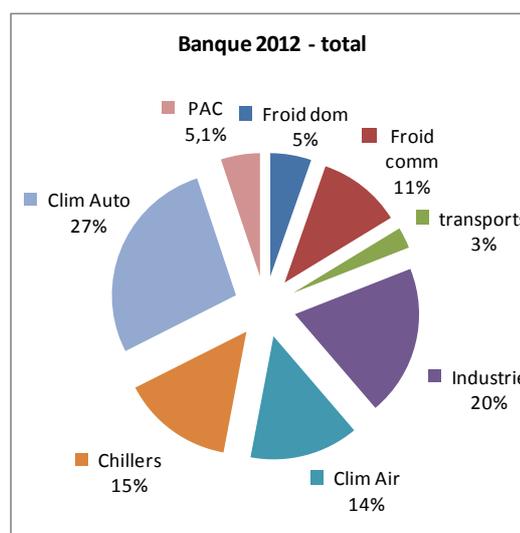


Figure I-6 - Répartition sectorielle de la banque de fluides frigorigènes.

L'allure sectorielle de la banque est stable. Un parc automobile climatisé croissant domine la banque totale, devant les installations aux fortes charges du froid industriel et des chillers (Figure I-6). La part du froid commercial ne représente que 11 % de la banque totale, grâce au renouvellement des installations centralisées vers des systèmes indirects.

Dans les DOM COM la banque de fluides frigorigènes est faible, de l'ordre de 2 000 t en 2012, constituée à 70 % de HFC mais encore dominée par le R-22 à 19 %.

### DEMANDE

Pour 2012, la demande totale est estimée à 10 000 t par RIEP, dont 84 % de HFC et 11 % de HCFC (Tableau I-11). Elle est dominée par le R-134a (3 300 t) et le R-404A (2 850 t).

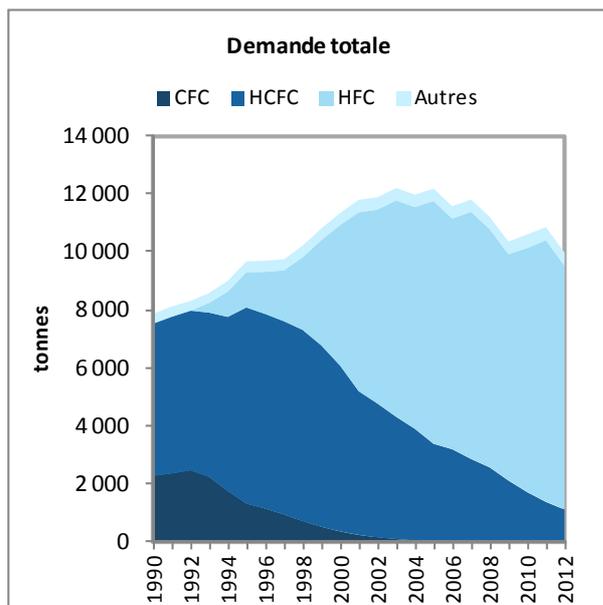


Figure I-7 - Evolution de la demande totale en fluides frigorigènes en France métropole de 1990 à 2012

Tableau I-11 Evolution de la Demande totale en fluides frigorigènes 1990 - 2012

	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	2 277	5 259	0	341	7 878
1991	2 361	5 412	0	360	8 132
1992	2 469	5 513	0	342	8 324
1993	2 240	5 671	343	345	8 600
1994	1 760	6 003	885	370	9 018
1995	1 325	6 763	1 227	377	9 692
1996	1 152	6 715	1 461	395	9 722
1997	955	6 659	1 763	390	9 766
1998	719	6 598	2 512	408	10 238
1999	539	6 246	3 634	412	10 831
2000	367	5 721	4 856	418	11 361
2001	249	4 949	6 188	434	11 820
2002	170	4 609	6 698	430	11 908
2003	107	4 208	7 482	432	12 229
2004	57	3 847	7 664	430	11 999
2005	39	3 347	8 391	430	12 207
2006	25	3 174	7 969	434	11 602
2007	17	2 846	8 540	430	11 833
2008	9	2 562	8 234	423	11 229
2009	3	2 120	7 816	445	10 384
2010	1	1 717	8 429	474	10 622
2011	1	1 385	9 035	458	10 878
2012	0	1 119	8 413	461	9 994

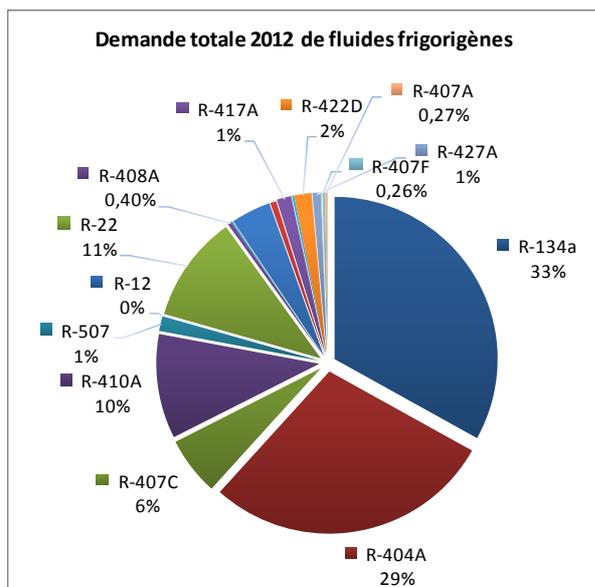


Figure I-8 - Répartition des fluides sur la demande totale calculée en 2012

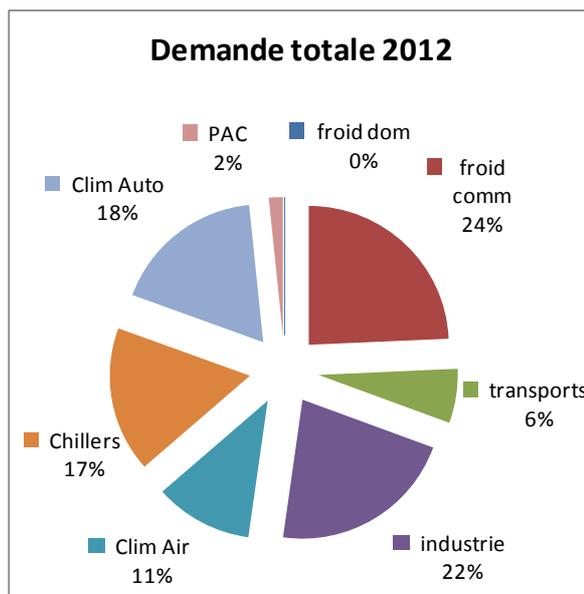


Figure I-9 - Répartition sectorielle de la demande totale en fluides frigorigènes 2012

Le demande totale se décompose en:

- 3 550 tonnes chargées dans les équipements neufs, constituées à près de la moitié par le R-134a dont la plus grande partie est utilisée en production automobile;
- 600 tonnes utilisées pour les retrofits d'installations aux HCFC; une nette décroissance est observée par rapport à 2011 du fait de l'attente de certains détenteurs vis-à-vis de l'évolution réglementaire, les conduisant à ne pas entreprendre de retrofit vers un fluide à GWP élevé qui pourrait être taxé ou interdit dans les prochaines années;
- 5 850 tonnes nécessaires à la maintenance de l'ensemble des équipements du parc français constituées à 35 % de R-404A et à 25 % de R-134a et principalement utilisées par les secteurs du froid commercial (31 %) et industriel (25 %). Depuis 2009, la part de la climatisation automobile conserve un niveau faible, de 12 % en 2012 (comparée à 24% en 2008).

Le besoin pour la maintenance des installations au HCFC-22 est encore estimé à 1 120 t environ en 2012. Il convient de noter que l'estimation donnée par RIEP de la demande en HCFC correspond au besoin des installations existantes pour leur maintenance et est établie en fonction du nombre d'installations présentes sur le parc, celui-ci dépendant des hypothèses de durée de vie, des niveaux d'émissions et du nombre annuel de retrofits. La demande estimée peut être supérieure au marché du fait de stocks effectués préalablement, ou d'un besoin non satisfait pour la maintenance.

La correction apportée, dans cette édition d'inventaires, aux taux d'émissions du froid commercial et de l'industrie agroalimentaire confirme leurs positions de secteurs les plus utilisateurs de fluides frigorigènes (Figure I-9): les demandes sont élevées, de 2 400 t pour le froid commercial et 2 150 t pour le froid industriel en 2012.

Dans les DOM COM, la demande en fluides frigorigènes est faible, évaluée à 320 t, essentiellement utilisée pour la maintenance des installations (à 70%). Elle est dominée par le R-404A (23 %) et le R-410A (19 %), utilisés majoritairement dans les secteurs du froid commercial et de la climatisation à air.

#### COMPARAISON DE LA DEMANDE AVEC LES MARCHES DECLARES

Les demandes reconstituées par RIEP, tenant compte des corrections sur l'historique, sont comparées aux marchés déclarés au SNEFCCA sur la période 2000-2012 (Figure I-10). L'écart cumulé entre le marché total de fluides frigorigènes (hors ammoniac) déclaré au SNEFCCA et la demande calculée par RIEP est de 4 %. En 2012, le marché déclaré est de 8 940 t contre 9 533 t estimées par RIEP, soit une surestimation de 7 %.

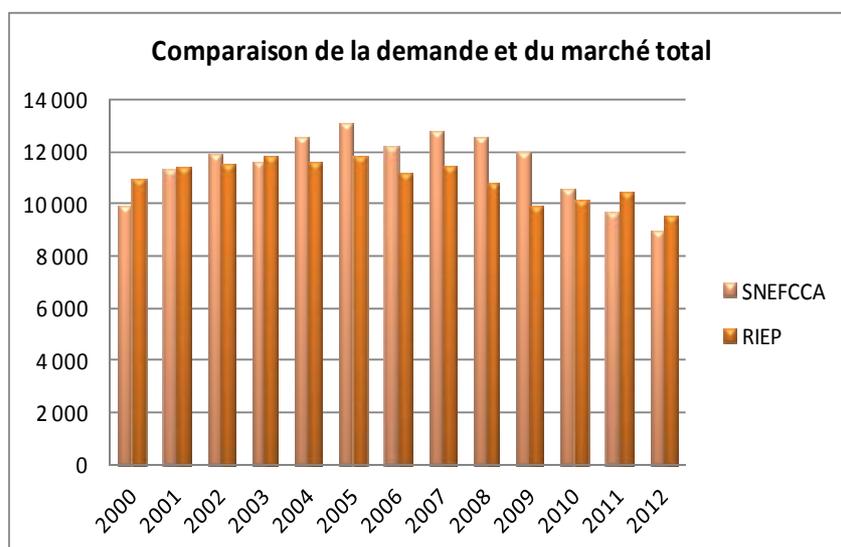


Figure I-10 - Comparaison de la demande totale calculée par RIEP avec le marché total déclaré au SNEFCCA de 2000 à 2012.

Les demandes reconstituées par fluide sont également cohérentes avec les marchés déclarés. Les figures suivantes montrent les comparaisons dans le cas du marché total de HFC et celui du R-404A, lesquelles ont été utilisées pour la correction sur le passé des taux d'émissions des installations utilisant le R-404A.

A la suite de ces corrections, l'écart entre l'estimation de la demande de HFC et le marché déclaré au SNEFCCA est réduit de 10 à 7 % au cumulé sur 1990-2012. En particulier, le niveau 2012 est bien estimé par RIEP, à 8 413 t contre 8 440 t déclaré (Figure I-11). En revanche, les déclarations à l'OFF font apparaître un niveau nettement plus élevé de quantités de HFC mises sur le marché (10 177 t), supérieures de 21% à la demande de HFC calculée.

Les écarts observés entre la demande de R-404A et 507A et les marchés déclarés au SNEFCCA sont améliorés par rapport à l'étude d'Inventaires 2011 (Figure I-12), réduits à 17 % en 2012 et 4% en 2011. Des écarts persistent, des corrections supplémentaires pourront être appliquées mais nécessitent un complément d'enquête et d'analyse.

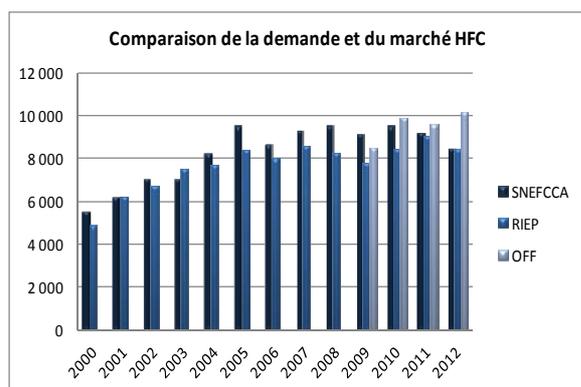


Figure I-11- Comparaison de la demande HFC calculée par RIEP avec le marché HFC déclaré au SNEFCCA de 2000 à 2012.

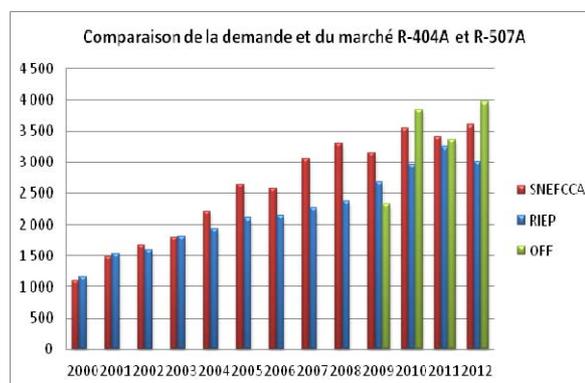


Figure I-12 - Comparaison de la demande estimée au marché déclaré de R-404A et de R-507A

Dans le cas des territoires des DOM COM, les marchés ne sont pas recensés.

## II. Rappel de la méthode générale de calcul

La méthode développée dans le code de calcul RIEP (Refrigerant Inventories and Emissions Previsions) pour le calcul des inventaires de fluides frigorigènes est basée sur une approche ascendante (bottom-up) qui reconstitue la banque de fluides frigorigènes (Figure II-1), en se basant sur la description du parc d'équipements, et qui fixe les facteurs d'émissions par secteur d'application et type de technologie.

La « banque » est formée des quantités de fluides frigorigènes dans l'ensemble des équipements présents sur le sol français, quel que soit leur âge, représentant *le parc*. Le parc d'équipements peut être reconstitué par la somme des marchés sur la durée de vie moyenne des équipements.

Huit domaines d'application sont décrits et sont décomposés en 43 sous-secteurs. Les résultats sont présentés selon ces huit domaines : froid domestique, froid commercial, transports frigorifiques, industries (agro-alimentaires, chimiques et pharmaceutiques), la climatisation à air, les groupes refroidisseurs d'eau (GRE ou chillers), les pompes à chaleur résidentielles (PAC) et la climatisation embarquée. Bien que la méthode soit générale, des traitements particuliers sont appliqués à certains secteurs, du fait de leurs spécificités ou du type de données disponibles. Pour la climatisation automobile, une méthode spécifique a été développée afin de prendre en compte la dégradation du taux d'émissions au cours de la vie du véhicule et les particularités de la maintenance (annexe 3).

Deux familles de données sont à la base de la méthode de calcul : les données d'activités et les facteurs d'émissions. Cette méthode de calcul est la méthode de calcul dite "Tier 2a" (Niveau 2a) telle que définie dans le document méthodologique IPCC 2006 [IPC06].

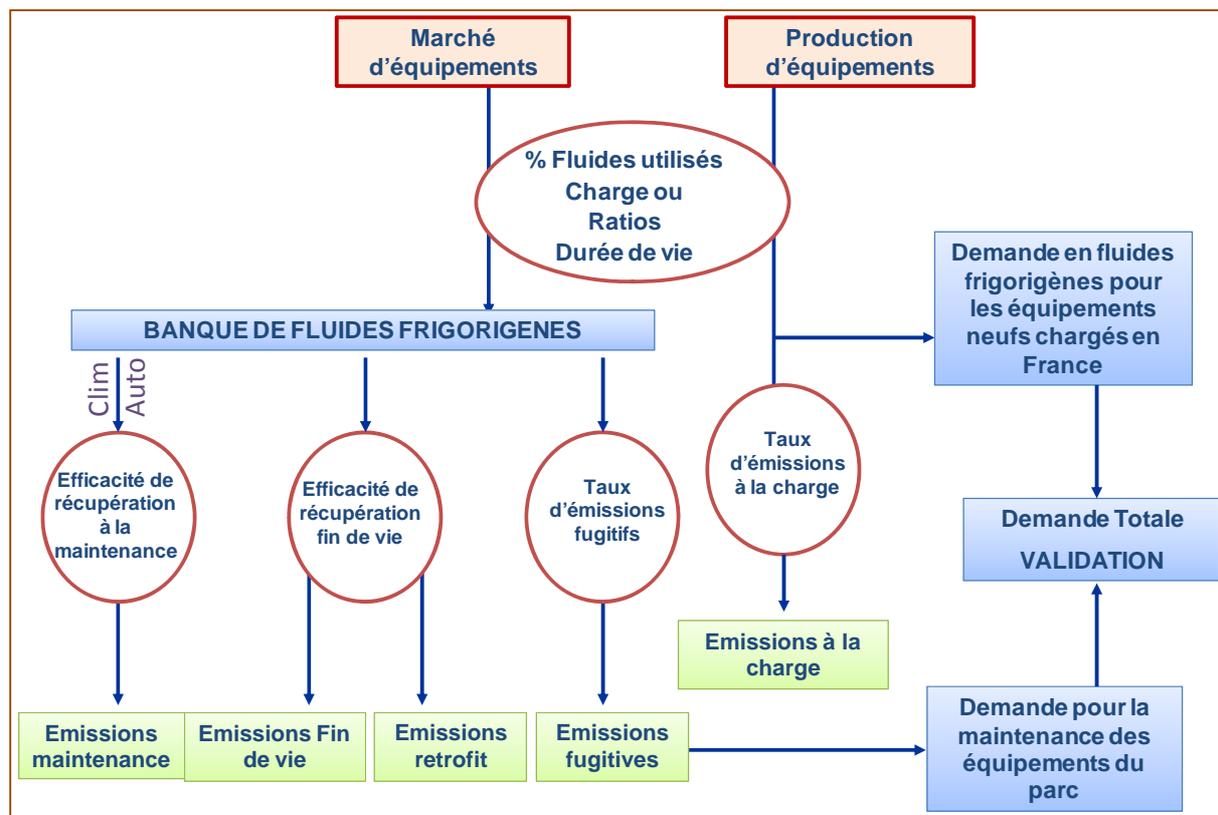


Figure II-1 - Méthode de calcul

Les données sur les activités englobent les «données sur l'ampleur d'activités humaines génératrices d'émissions ou d'absorptions se produisant pendant une durée donnée» [IPC06]. Pour les fluides

frigorigènes, les données d'activités sont les ventes annuelles d'équipements neufs en distinguant équipements importés et équipements produits et chargés et vendus en France ou exportés. La durée de vie de l'équipement, le type de fluide frigorigène et la masse chargée pouvant évoluer selon les années.

Les facteurs d'émissions doivent prendre en compte les émissions à la charge d'un équipement, les fuites ou émissions fugitives au cours de l'utilisation de l'équipement, les ruptures et accidents, les émissions associées aux opérations de maintenance ainsi que les émissions en fin de vie (Figure II-2).

Les émissions à la charge sont calculées de manière homogène pour toutes les applications, estimées à 5 % des quantités chargées dans les équipements produits en France. Il est considéré que le même type d'émissions a lieu lors de la recharge à la maintenance ou au retrofit.

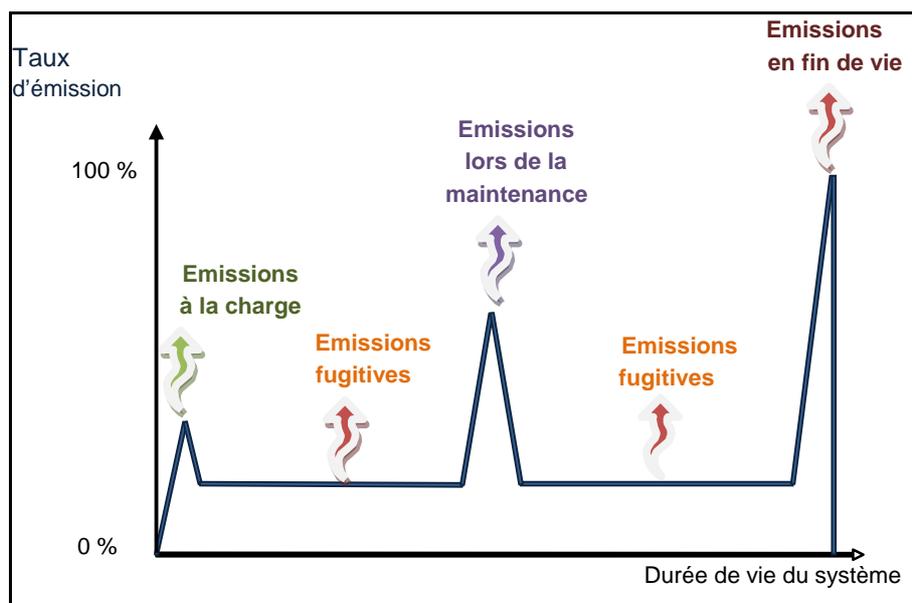


Figure II-2 – Emissions au cours de la vie de l'équipement

La « banque » de fluides frigorigènes est constituée des quantités de fluides frigorigènes stockées dans les équipements installés sur le sol français. Elle est calculée par le cumul, sur la durée de vie de l'équipement, des marchés annuels de fluides calculés à partir des ventes d'équipements et de leur charge moyenne. A cette banque sont appliqués les taux d'émission intégrant les phases du cycle de vie de l'équipement et le type de technologie qui permettent d'évaluer les émissions fugitives.

Le calcul des émissions en fin de vie des équipements dépend de l'efficacité de récupération du secteur ou du sous-secteur considéré et prend désormais en compte la charge nominale des équipements réduite des émissions fugitives de l'année en cours afin de ne pas faire de double-comptage des émissions. Cette approche est réaliste pour les équipements subissant une opération de maintenance annuelle. Pour les autres, elle est simplifiée, car la charge résiduelle à la fin de la vie de l'équipement dépend des fréquences de maintenance. Pour la climatisation automobile, le code de calcul spécifique développé permet bien de prendre en compte la variation de la charge au cours de la durée de vie de l'équipement.

Lors d'une opération de retrofit, les émissions sont calculées en supposant :

- Qu'il se produit des émissions de type « fin de vie » pour le fluide initial ;
- Qu'il se produit des émissions de type « à la charge » pour le nouveau fluide chargé dans l'équipement ;
- Les facteurs d'émissions sont appliqués à la part de la banque du secteur qui est retrofitée, et ce pour chaque fluide.

La méthode de calcul des opérations de retrofit est une approche simplifiée. L'équipement en lui-même n'est pas pris en compte, les hypothèses concernent la part de la banque qui est modifiée par des retrofits ou renouvellements d'installation. Ce pourcentage annuel est reporté sur les marchés d'équipements des  $d$  dernières années par rapport à l'année en cours,  $d$  étant la durée de vie moyenne de l'équipement.

Il convient de souligner que la méthode de retrofit ne prend pas en compte la prolongation de la durée de vie de l'équipement impactée généralement par ce type d'opération. En ne modifiant pas la durée de vie de l'équipement, la méthode peut conduire à une sous-estimation de la banque et à une surestimation des émissions de fluides « de retrofit » puisque des émissions de type « fin de vie » peuvent se produire peu de temps après le retrofit, à la place d'émissions fugitives.

Les émissions liées aux « talons de charge » sont désormais incluses dans les émissions totales : elles correspondent aux quantités perdues lors de la récupération des quantités restant dans les bouteilles de fluides retournées aux distributeurs, cette valeur est prise par défaut à 3% de la demande totale.

Pour le secteur de la climatisation automobile, le calcul des émissions est réalisé par un modèle plus détaillé [SAB09] qui permet la détermination de la fréquence de passage à la maintenance des véhicules d'un millésime (année de mise sur le marché) donné, des quantités consommées pour la recharge, des quantités émises et des quantités de fluides se trouvant dans un véhicule arrivant en fin de vie. Une distinction entre les émissions régulières (fuites) et irrégulières (accidents) est également faite, permettant l'intégration d'un modèle de dégradation de l'étanchéité avec l'âge d'une boucle de climatisation automobile, phénomène observé dans plusieurs études réalisées au CEP ([SOU08]). L'estimation du marché de R-134a dédié à la maintenance automobile en 2008-2009 avait permis de déterminer les niveaux de dégradation du taux d'émissions fugitives; il serait utile d'en connaître l'évolution afin de vérifier la validité du niveau de dégradation fixé.

Enfin le code de calcul RIEP et les bases de données permettent le calcul des quantités de fluides frigorigènes chargées dans les équipements produits en France à partir des productions d'équipements. Les quantités nécessaires à la maintenance sont également calculées, le total constituant ainsi la demande totale en fluides frigorigènes en France (Figure II-1). La comparaison de cette demande de fluides frigorigènes reconstituée dans RIEP (par secteur d'application) avec les chiffres de consommation nationale déclarés par les producteurs et les distributeurs auprès du SNEFCCA [ROY12] (tous secteurs confondus), et ce pour chaque type de fluide, constitue la validation globale des résultats de la méthode « bottom-up ». Depuis 2010, les déclarations faites auprès de l'Observatoire des Fluides Frigorigènes de l'ADEME sont représentatives. L'étape de validation est désormais étendue aux déclarations à l'Observatoire des Fluides Frigorigènes (OFF) de l'ADEME [OFF13].

Comme dans l'édition des inventaires 2011, le rapport a été structuré de façon à décrire la méthode et les spécificités propres à chaque secteur, les hypothèses puis à présenter les résultats du secteur considéré. Les résultats globaux et l'étape de comparaison avec les marchés déclarés restent présentés dans le chapitre III.

## III. RESULTATS GLOBAUX

### III.1 - Introduction

Ce rapport présente les résultats de l'étude d'inventaires de fluides frigorigènes pour la France métropolitaine et les DOM COM en 2012. Afin de rester homogène avec les précédents rapports, dans ce chapitre, sont présentés les résultats globaux, tous secteurs confondus, des calculs métropole:

- de la demande en fluides frigorigènes pour les équipements neufs,
- de la demande en fluides frigorigènes pour la maintenance,
- des « banques » ou quantités de fluides frigorigènes contenues dans les installations formant le parc,
- des émissions de fluides frigorigènes par famille de fluides (CFC, HCFC, HFC et autres) et par fluide
- des émissions totales de fluides frigorigènes,
- des émissions exprimées en équivalent CO<sub>2</sub> (selon les valeurs de GWP du 2<sup>ème</sup> Rapport d'évaluation du GIEC qui sont les valeurs déclarées auprès de l'UNFCCC)
- et des quantités de fluides récupérées pour 2012.

Les résultats pour les DOM et les COM sont présentés à la suite, au niveau global. Aucune donnée de marché déclaré n'a été recensée pour la validation par territoire.

Chaque année, la comparaison de la demande en fluides frigorigènes reconstituée par RIEP aux marchés déclarés par les producteurs et distributeurs de fluides frigorigènes au SNEFCCA [SNE13] est établie afin de valider globalement le calcul des émissions. Depuis plusieurs années, un écart croissant est observé entre le marché déclaré et le calcul de la demande du R-404A. Plusieurs explications ont été envisagées. Cependant, dans cette étude d'inventaires, à la suite de nouvelles données concordantes sur les niveaux d'émissions en froid commercial, une étude paramétrique a été établie afin de montrer l'impact du niveau d'émissions sur l'estimation du marché de R-404A et du marché total de HFC. Les résultats de cette étude paramétrique sont expliqués au III.2.1, puis les marchés par fluide sont comparés à la demande reconstituée, sur l'historique.

Parallèlement, les résultats de calculs sont également comparés aux quantités déclarées mises sur le marché à l'Observatoire des Fluides Frigorigènes (OFF) de l'ADEME [OFF13]. Cependant, des incohérences sont observées en 2011 et 2012 sur plusieurs fluides, en comparaison avec les marchés SNEFCCA. Ce point est à confirmer, mais il est probable que des doubles comptages soient responsables de ces écarts et ne rendent pas utilisables les résultats de l'OFF dans la validation des calculs inventaires.

### III.2 - Analyse du marché des fluides frigorigènes

#### ***III.2.1- Etude paramétrique de l'impact du taux d'émissions sur l'estimation du marché de R-404A***

De nouvelles sources de données tendent à montrer que les installations des domaines fortement utilisateurs de R-404A (le froid commercial et le froid agroalimentaire) peuvent avoir des taux d'émissions nettement plus élevés que les hypothèses prises dans les précédentes éditions des inventaires. Jusqu'à présent, il avait été considéré une tendance décroissante des taux d'émissions moyens sur le parc (les méthodes de calcul de ces secteurs prennent en compte un taux caractérisant les installations du parc et non les installations neuves) afin de tenir compte des communications disponibles de certaines chaînes de magasins. Cette année, une source confidentielle nous a été communiquée pour les supermarchés faisant apparaître un taux d'émissions moyen de 35 % en 2011 et de 44 % en 2012 pour un panel de 40 magasins d'une même chaîne alors que le niveau moyen estimé dans les inventaires 2011 était de seulement 20 % pour les supermarchés. Par ailleurs, le

Ministère de l'Ecologie a fait état de niveaux de consommation de fluides frigorigènes élevés pour la maintenance des installations contrôlées en 2011 et 2012. Ces éléments confortent le fait qu'une très grande inégalité a toujours été observée entre les magasins des chaînes communiquant les résultats: d'excellents cas d'installations ne rechargeant quasiment pas leurs équipements dans l'année aux cas pénalisants des installations perdant jusqu'à deux fois leur charge installée. Il est difficile d'établir un taux moyen français étant donné les grandes disparités de consommation entre les magasins; il est possible que les résultats d'enquêtes issus principalement des magasins qui acceptent de communiquer leurs consommations de fluides frigorigènes nécessaires à la maintenance des installations ne traduisent finalement pas la tendance générale et que le niveau d'émissions moyen obtenu soit en deçà de la moyenne nationale. Il serait utile qu'un suivi national des consommations de fluides pour la maintenance des installations de froid commercial et agroalimentaire soit mis en place en France.

Aussi, étant donné les écarts entre la demande calculée et le marché de R-404A déclaré, l'hypothèse de réduction des niveaux d'émissions des installations concernées (en moyenne sur le parc et incluant les pertes accidentelles), a été remise en question et une première étude paramétrique de l'impact du niveau des taux d'émissions sur l'écart entre les marchés déclarés et calculés de R-404A a été entreprise.

Cinq calculs ont été faits:

1) Le premier cas considère les hypothèses des inventaires 2011 et poursuit la réduction du niveau d'émissions an 2012 à: 20% en supermarchés, 25 % en hypermarchés, 13 % pour les groupes de condensation équipant les petits commerces, 14 % en industrie agroalimentaire, excepté les sous-secteurs fortement utilisateurs de systèmes indirects pour lesquels le taux d'émissions fugitives est réduit à 12 % par an.

2) Le deuxième cas suppose que les taux d'émissions de ces installations n'ont pas évolué et sont restés au niveau de 1990 jusqu'en 2012, soit: 30 % pour les supermarchés, 35 pour les hypermarchés, 15% pour les groupes de condensation, 15 % en agroalimentaire.

3) Le troisième cas suppose que les taux d'émissions n'ont pas évolué depuis 2000 et sont restés en moyenne sur le parc à: 23 % pour les supermarchés, 30 % pour les hypermarchés, 15% pour les groupes de condensation et industries agroalimentaires

4) Le quatrième cas suppose que les niveaux d'émissions ont été historiquement sous-estimés et prend en compte dans les calculs des niveaux supérieurs de 20% à ceux qui étaient pris en compte jusqu'à présent en 1990, soit: 36 % en supermarchés, 42 % en hypermarchés, 18% pour les groupes de condensation et industries agroalimentaires.

5) Le dernier cas est le plus pénalisant: il considère les hypothèses du cas 4 avec une pénalisation supplémentaire en agroalimentaire et pour les groupes de condensation dont les hypothèses 1990 étaient relativement basses. Les taux sont augmentés de 50 % sur l'historique pour ces applications: à 22,5% par an, en maintenant 36 % pour les supermarchés et 42 % pour les hypermarchés.

Tableau III-1- Récapitulatif des hypothèses de l'étude paramétrique

		<b>Cas 1 - référence</b>	<b>Cas 2</b>	<b>Cas 3</b>	<b>Cas 4</b>	<b>Cas 5</b>
<b>Tendance taux d'émissions</b>		Décroissant	Constants depuis 2000	Constants depuis 1990	Constants depuis 1990 Cas1 +20 %	Constants depuis 1990 Cas1 +20 % en froid comm et + 50 % en agro
<b>Valeurs 2012</b>	Super	20 %	23 %	30 %	36 %	36 %
	Hyper	25 %	30 %	35 %	42 %	42 %
	G-Condens	13 %	15 %	15 %	18 %	22,5 %
	Agro	12 % à 14 %	15 %	15 %	18 %	22,5 %

Dans tous les cas, l'estimation du marché de R-404A a été comparée aux marchés déclarés au SNEFCCA depuis 2000 (ceux-ci incluent les marchés de R-507A). Les cohérences des niveaux du marché total et de la demande ainsi que ceux du R-22 puisqu'il était fortement utilisé en froid

commercial et industriel avant le R-404A ont également été vérifiées. Les résultats sont présentés sur les figures suivantes.

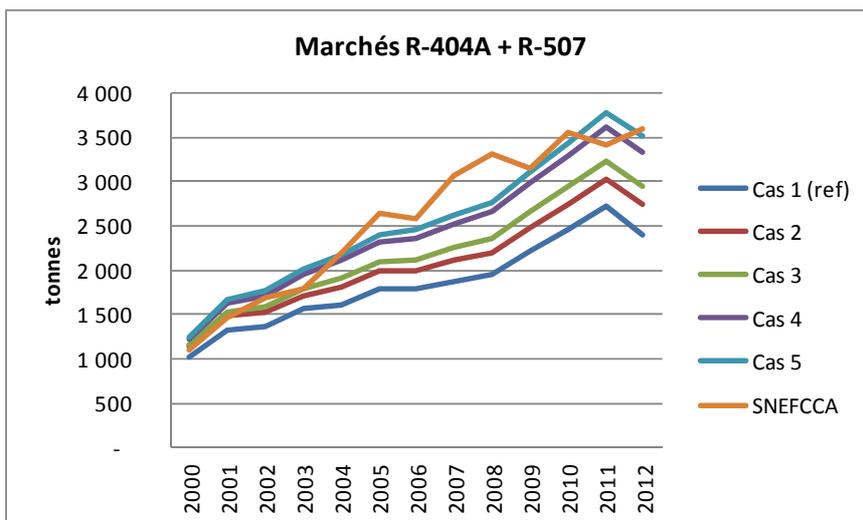


Figure III-1 - Comparaison des marchés de R-404

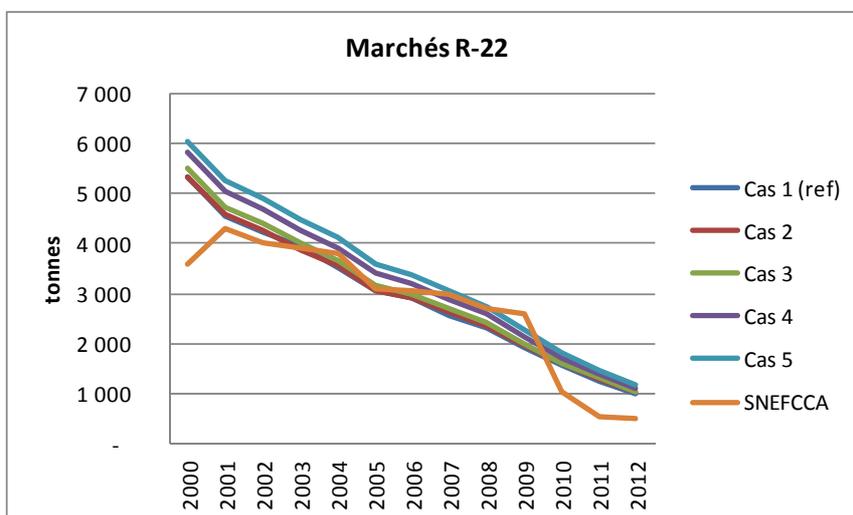


Figure III-2 - Résultats de l'étude paramétrique - Comparaison des marchés de R-22

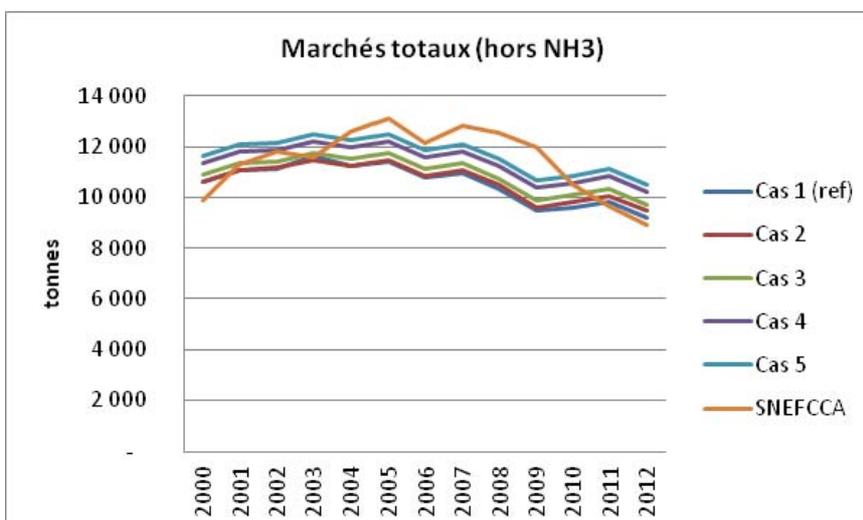


Figure III-3 - Résultats de l'étude paramétrique - Comparaison des marchés totaux de fluides frigorigènes (hors NH3)

Le Tableau III-2 présente par ailleurs les écarts cumulés obtenus, sur la période 2000-2012, entre chaque marché calculé et la déclaration SNEFCCA.

Tableau III.2 - Ecart entre les marchés déclarés et calculés, cumulés sur la période 2000-2012

Ecart cumulés	Cas 1 - référence	Cas 2 Niveau 2000	Cas3 Niveau 1990	Cas 4 Niveau 1990 + 20%	Cas 5 Niveau 1990 + 20 à 50%
R-404A et R-507A	-28%	-20%	<b>-15%</b>	-6%	-2%
R-22	6%	6%	<b>9%</b>	17%	23%
Total	-8%	-7%	<b>-5%</b>	0%	2%

Il a ainsi été décidé, dans cette édition d'inventaires 2012, de **corriger les niveaux moyens d'émissions sur le parc des installations utilisant du R-404A** à savoir: supermarchés, hypermarchés, groupes de condensation utilisés dans les petits commerces et entreprises d'agroalimentaires. Les taux de 1990 sont maintenus constants et permettent de réduire l'écart cumulé entre le marché et la demande de R-404A de 28 à 15 %. L'étude paramétrique montre que l'écart serait réduit à 6 % en prenant des taux d'émissions égaux à ceux de 1990 augmentés de 20 %, constants jusqu'en 2012 mais dans ce cas, le marché de R-22 aurait été moins bien estimé sur le passé. Il a été choisi de faire ici une première correction, assez forte, et d'approfondir l'enquête lors de prochains inventaires avant d'envisager une correction supérieure.

### III.2.2 - Résultats 2012 de la demande totale calculée

Pour 2012, la demande totale est estimée à 10 000 t par RIEP. Elle est en décroissance de 8 % par rapport à 2011 (Figure III-4). Elle est constituée à 84 % de HFC et à 11 % de HCFC. La demande est dominée par celle du R-134a (3 300 t) et du R-404A (2 850 t).

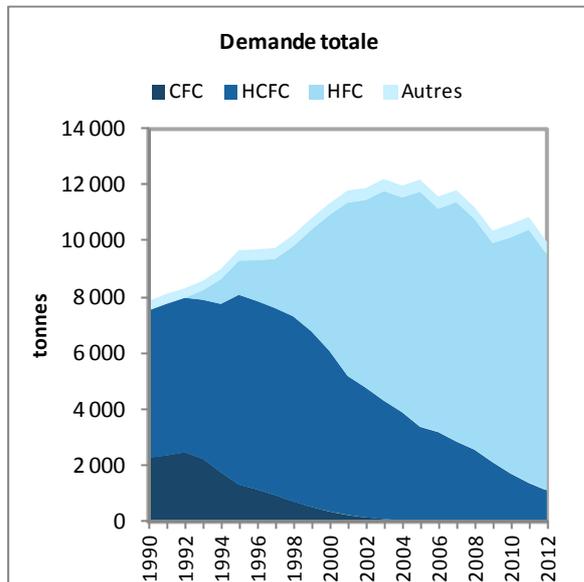


Figure III-4 Evolution de la demande totale en fluides frigorigènes en France métropole de 1990 à 2012

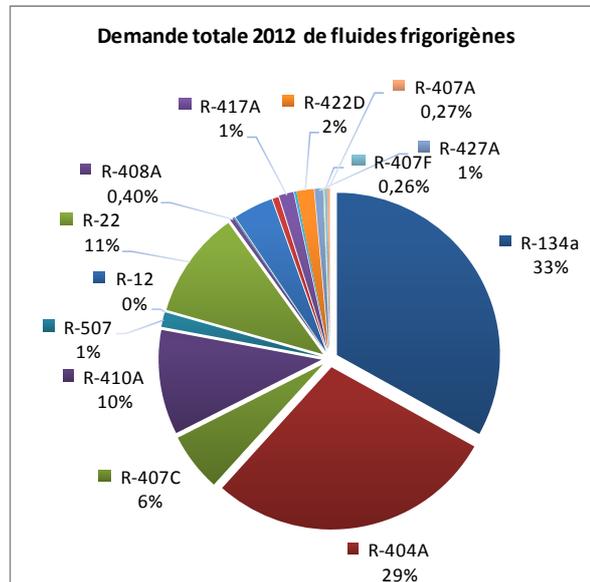


Figure III-5 - Répartition des fluides sur la demande totale calculée en 2012

La demande en R-404A est, selon l'estimation RIEP, en décroissance de 8 % entre 2011 et 2012, du fait de la réduction de la demande pour les équipements neufs. La maintenance des installations du parc français requiert encore 2000 t de R-404A en 2012, soit 3% de plus qu'en 2011.

Après plusieurs années de forte croissance, le marché du R-410A est relativement stable sur 2011-2012 d'un niveau de 1 050 tonnes. Le marché du R-407C continue à décroître depuis 2007 et représente 580 t en 2012.

Le besoin pour la maintenance des installations au HCFC-22 est encore estimé à 1 120 t environ en 2012. Il convient de noter que l'estimation donnée par RIEP de la demande en HCFC correspond aux besoins des installations pour leur maintenance en fonction du nombre d'installations présentes sur le parc, celui-ci dépendant des hypothèses de durée de vie, des niveaux d'émissions et du nombre annuel de retrofits. La demande estimée peut être supérieure au marché du fait de stocks effectués préalablement, ou d'un besoin non satisfait pour la maintenance.

Tableau III-2 - Evolution de la **Demande totale** en fluides frigorigènes 1990 - 2012

	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	2 277	5 259	0	341	7 878
1991	2 361	5 412	0	360	8 132
1992	2 469	5 513	0	342	8 324
1993	2 240	5 671	343	345	8 600
1994	1 760	6 003	885	370	9 018
1995	1 325	6 763	1 227	377	9 692
1996	1 152	6 715	1 461	395	9 722
1997	955	6 659	1 763	390	9 766
1998	719	6 598	2 512	408	10 238
1999	539	6 246	3 634	412	10 831
2000	367	5 721	4 856	418	11 361
2001	249	4 949	6 188	434	11 820
2002	170	4 609	6 698	430	11 908
2003	107	4 208	7 482	432	12 229
2004	57	3 847	7 664	430	11 999
2005	39	3 347	8 391	430	12 207
2006	25	3 174	7 969	434	11 602
2007	17	2 846	8 540	430	11 833
2008	9	2 562	8 234	423	11 229
2009	3	2 120	7 816	445	10 384
2010	1	1 717	8 429	474	10 622
2011	1	1 385	9 035	458	10 878
<b>2012</b>	<b>0</b>	<b>1 119</b>	<b>8 413</b>	<b>461</b>	<b>9 994</b>

### III.2.3 - Répartition sectorielle de la demande des fluides frigorigènes

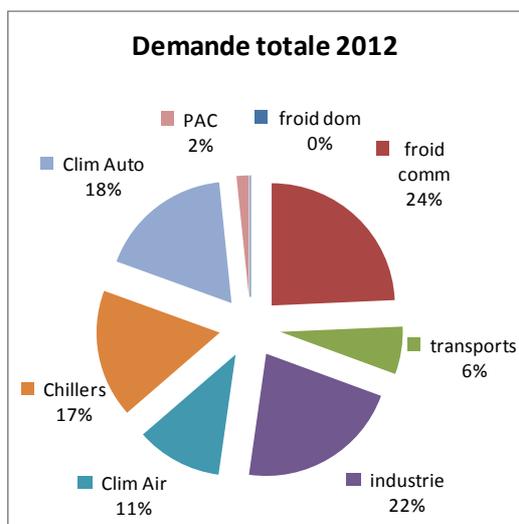


Figure III-6 Répartition sectorielle de la demande totale en fluides frigorigènes 2012

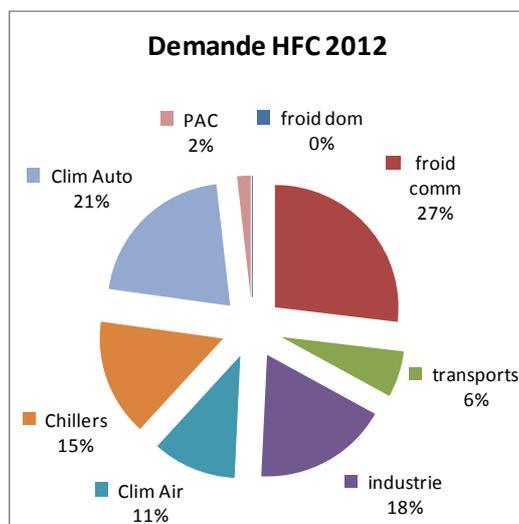


Figure III-7 Répartition sectorielle de la demande totale en HFC en 2012

La correction apportée, dans cette édition d'inventaires, aux taux d'émissions du froid commercial et de l'industrie agroalimentaire conforte leurs positions de secteurs les plus utilisateurs de fluides frigorigènes: les demandes sont de 2 400 t pour le froid commercial et 2 150 t pour le froid industriel en 2012.

En termes de HFC, étant donné la forte utilisation de l'ammoniac en froid industriel, le secteur dominant la demande est le froid commercial, suivi par la climatisation automobile (demande de 1 770 t en 2012) dont la baisse du marché lié à la maintenance est pourtant confirmée (685 t).

### **II.2.3 - Vérification croisée des déclarations de marchés de fluides frigorigènes et de la demande calculée par RIEP**

En 2012, le marché total de fluides frigorigènes (hors ammoniac) déclaré au SNEFCCA est de 8 940 t contre 9 533 t estimées par RIEP, soit une surestimation de 7 % et un écart cumulé depuis 2000 de 4 %. La Figure III-8 montre la mise à jour de la comparaison entre le marché déclaré par les producteurs de fluides frigorigènes au SNEFCCA et la demande évaluée par RIEP, de 2000 à 2012, après correction de certaines hypothèses tels que les taux d'émissions des installations de froid commercial et industriel sur l'historique. Une cohérence globale est observée, l'écart maximum, de 17 % étant observé en 2009, année pour laquelle un stockage probable des HCFC explique le niveau élevé du marché déclaré.

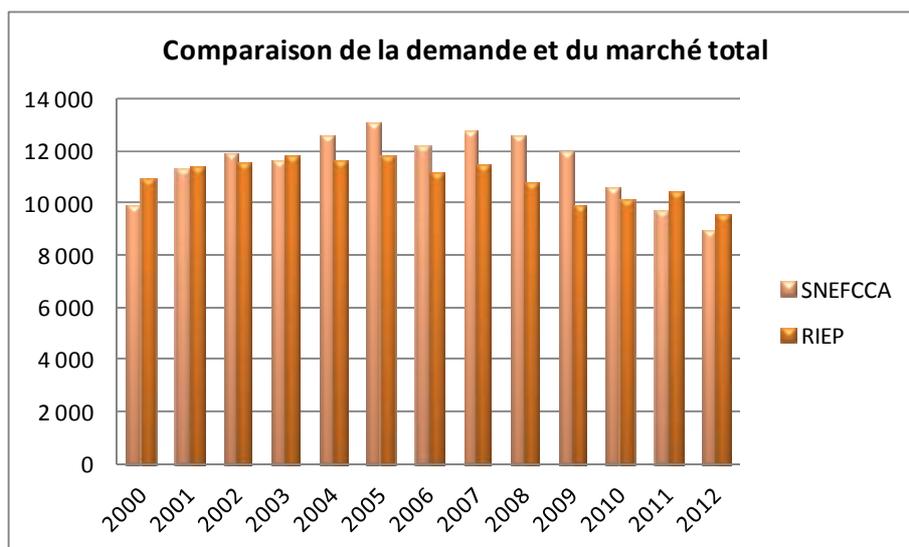


Figure III-8 - Comparaison des marchés déclarés (SNEFCCA) et des demandes calculées (RIEP)

Les tonnages bruts déclarés mis sur le marché à l'OFF sont de 10 586 t, incluant les quantités de HCFC cédées aux opérateurs, ce qui représente un écart de 18 % avec les déclarations au SNEFCCA.

La Figure III-9 compare, dans le cas des HCFC, le marché de HCFC régénéré déclaré au SNEFCCA à la demande reconstituée par RIEP de 2000 à 2012 et, de 2009 à 2012, aux déclarations à l'OFF de quantités cédées aux opérateurs. La Figure III-10 présente les mêmes comparaisons pour le marché total de HFC.

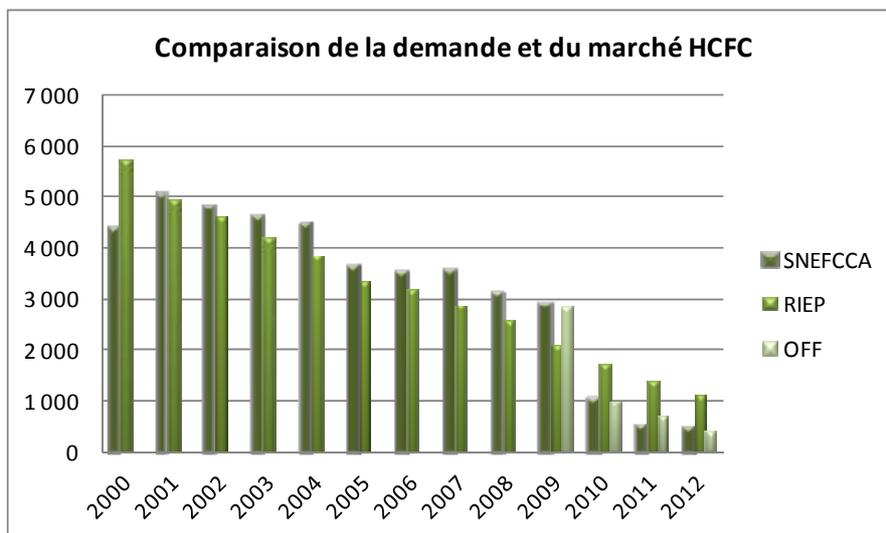


Figure III-9 - Marchés déclarés et demandes calculées de HCFC

La demande de HCFC était historiquement sous-évaluée par RIEP depuis 2001. La différence observée sur l'historique pourrait être attribuée à une sous-estimation des taux d'émissions fugitives des installations. Depuis 2009, les comparaisons de la demande et du marché de HCFC sont délicates étant donné le contexte d'interdiction des HCFC vierges pour la maintenance des installations qui peut conduire à des stockages ou cessions non conformes à la réglementation. De plus, certaines installations aux HCFC pourraient être conservées sans être entretenues, faute de fluide. La demande RIEP évalue seulement le besoin de fluides frigorigènes en fonction de la banque restante estimée. Selon l'OFF, les quantités de HCFC déclarées cédées aux les opérateurs sont de 409 t en 2012 [OFF13], ce qui est en cohérence avec les données du SNEFCCA.

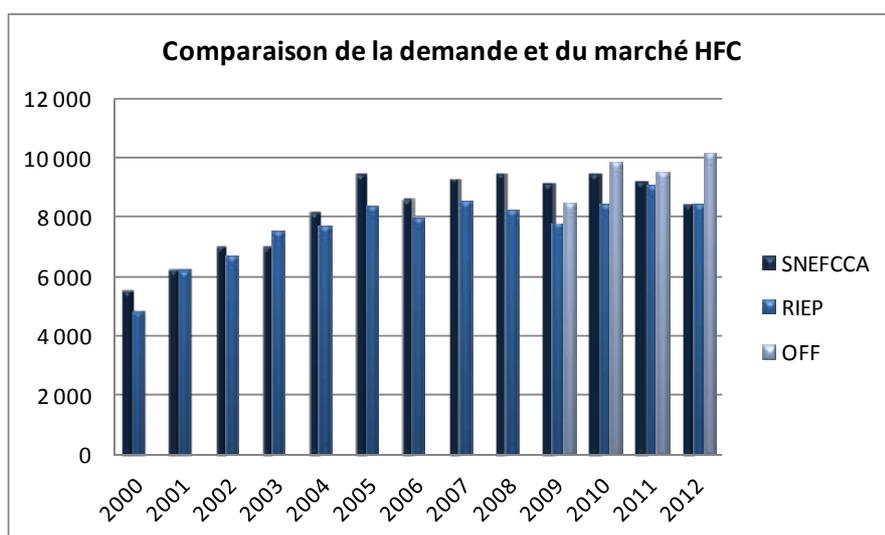


Figure III-10 - Marchés déclarés et demandes calculées de HFC

A la suite de la mise à jour des inventaires 2012, et notamment des corrections faites sur les niveaux d'émissions, l'écart entre l'estimation de la demande de HFC et le marché déclaré au SNEFCCA est réduit de 10 à 7 % au cumulé sur 1990-2012. En particulier, le niveau 2012 est bien estimé par RIEP, à 8 413 t contre 8 440 t déclaré (Figure III-10). En revanche, les déclarations à l'OFF font apparaître un niveau nettement plus élevé de quantités de HFC mises sur le marché (10 177 t), supérieures de 21% à la demande de HFC calculée.

Les comparaisons avec les demandes sont présentées fluide par fluide sur les figures suivantes et permettent d'identifier les fluides sur lesquels les écarts sont les plus importants et les secteurs associés.

Le marché de HFC-134a est bien approché par la demande calculée (Figure III-11), l'écart cumulé étant de 4 % sur la période 1990-2012. Les écarts les plus importants, en 2005 et 2009 s'expliquent par le stockage de fluides frigorigènes par des opérateurs :

- en 2005, à la suite de l'arrêt d'une usine de production en 2004 ;
- en 2009, pour ceux qui ne possédaient pas leur attestation de capacité en juillet de la même année.

En 2012, la demande de HFC-134a est estimée à 3 310 t par RIEP. Elle est supérieure de 13 % au marché déclaré au SNEFCCA et inférieure de 17 % à la déclaration OFF, l'écart entre les données SNEFCCA et OFF étant de plus de 1 000 tonnes (Figure III-11).

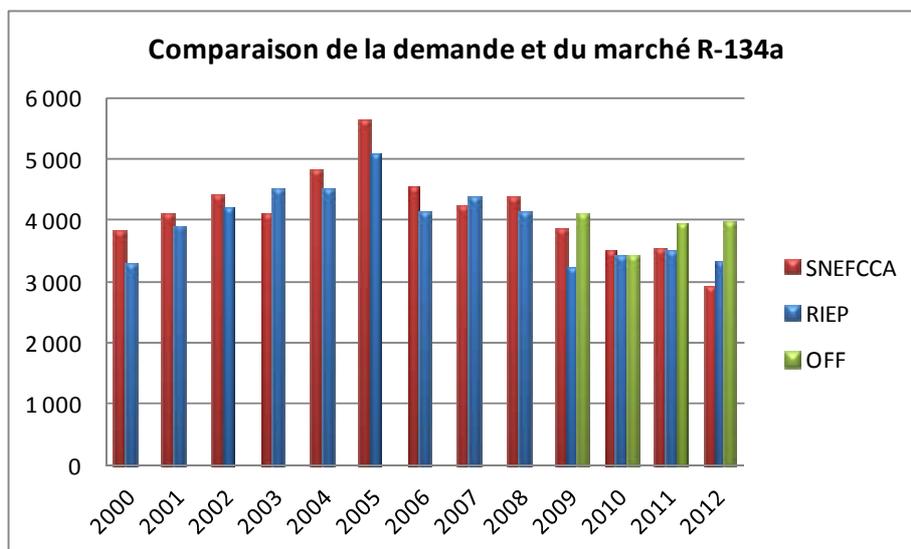


Figure III-11- Comparaison de la demande estimée et des marchés déclarés de HFC-134a

La Figure III-12 présente la comparaison de la demande cumulée de R-404A et R-507 aux marchés déclarés au SNEFCCA et à l'OFF. Les chiffres OFF ne tiennent compte que du R-404A mais sont nettement supérieurs aux marchés cumulés R-404A et R-507A donnés par le SNEFCCA et par RIEP.

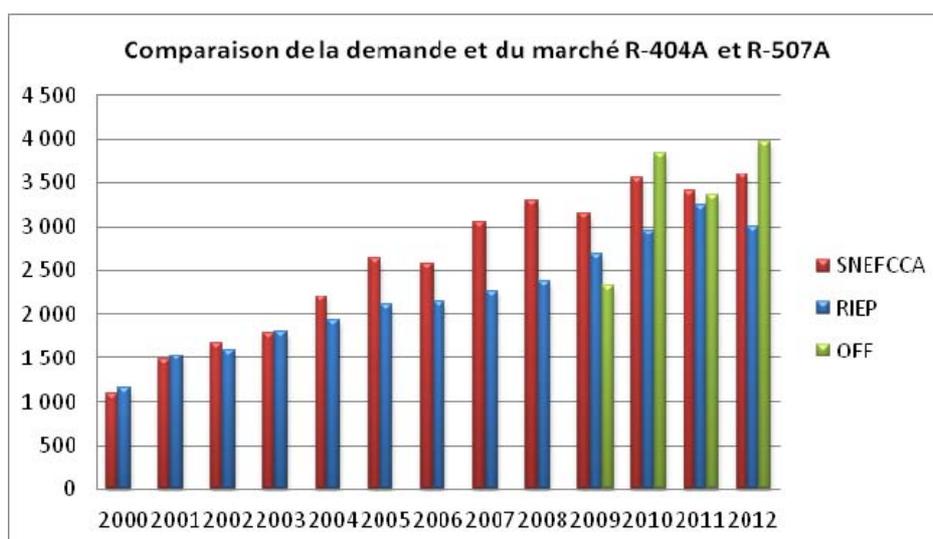


Figure III-12 - Comparaison de la demande estimée au marché déclaré de R-404A et de R-507A

A la suite de l'étude paramétrique (page 26) et de la modification des taux d'émissions des installations des secteurs utilisateurs de R-404A, sur l'historique, les écarts observés entre la demande de R-404A et 507A et les marchés déclarés au SNEFCCA sont moindres (Figure III-12), et réduits à 17 % en 2012 et 4% en 2011. Il convient de souligner que les retours d'enquête montrent une tendance à la limitation de l'utilisation du R-404A dans les équipements neufs en 2012, dans la

crainte d'une évolution de la réglementation européenne vers une éventuelle interdiction du R-404A. Cette tendance a été traduite dans les hypothèses de calcul et conduit à une réduction de la demande de R-404A calculée entre 2011 et 2012, de 8 %. On ne retrouve pas cette tendance dans les quantités déclarées au SNEFCCA, qui augmentent de 6 % ni à l'OFF où les quantités déclarées augmentent de 18%, pour atteindre 4 000 t en 2012.

Les niveaux de demande calculée pour les autres HFC (Figure III-13 et Figure III-14) sont assez bien représentés par le calcul RIEP. Les écarts cumulés avec les déclarations SNEFCCA sont de 3% sur la période 1990-2012, pour le R-407C comme le R-410A, principalement utilisés dans le secteur de la climatisation à air et des chillers. En 2012, les demandes de R-407C et R-410A calculées par RIEP présentent des écarts avec les marchés déclarés au SNEFCCA de 1 et 12 % respectivement. La prise en compte du complément de charge pour les équipements de type multisplits devra être étudiée.

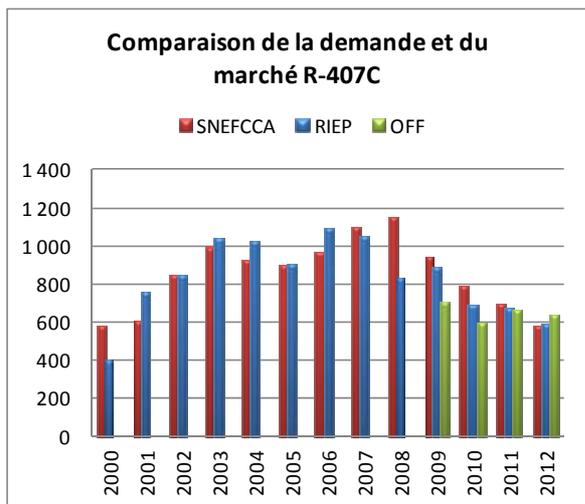


Figure III-13 -- Comparaison de la demande estimée au marché déclaré de R-407C

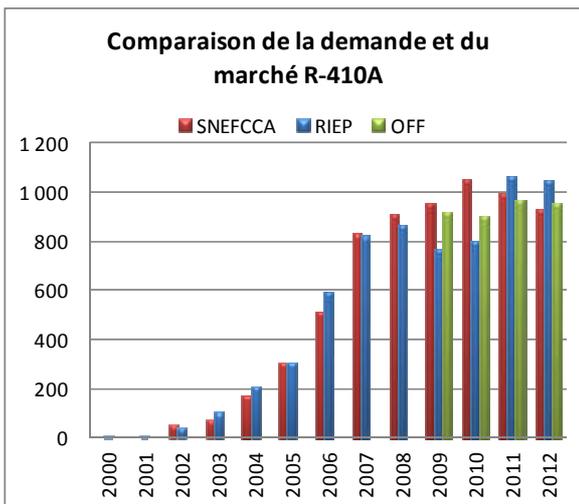


Figure III-14 -- Comparaison de la demande estimée au marché déclaré de R-410A

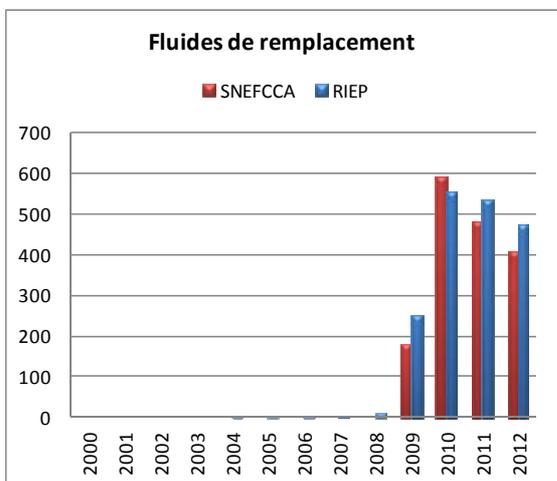


Figure III-15 - Comparaison de la demande au marché déclaré des fluides de remplacement

La Figure III-15 montre que la demande globale des fluides de remplacement (R-417A, R-427A, R-422A, R-422D, R-407A, R-407F) est bien représentée par RIEP, comparativement aux déclarations au SNEFCCA.

Les sections suivantes détaillent les résultats globaux pour la demande en fluide pour la charge des équipements neufs, la demande pour la maintenance, les banques par type de fluides frigorigènes, les émissions par type de fluides frigorigènes, les émissions en équivalent CO<sub>2</sub> et les quantités récupérées en fin de vie des installations.

### III.3 – Résultats complets inventaires 2012 métropole

#### III.3.1 - Demande en fluides frigorigènes pour les équipements neufs

La demande en fluides frigorigènes pour les installations neuves concerne tous les nouveaux équipements frigorifiques chargés en France. Cette demande inclut donc tous les matériels exportés s'ils sont chargés sur les sites de production (automobiles, certaines unités de climatisation, de transport frigorifique et de froid commercial pré-chargées) et le marché français, pour les équipements chargés sur site.

#### Répartition par fluide

La demande en fluides frigorigènes chargés dans les équipements neufs représente 3 500 t en 2012. Elle est en baisse de 7 % par rapport à 2011, notamment à cause d'une réduction de la production des chillers.

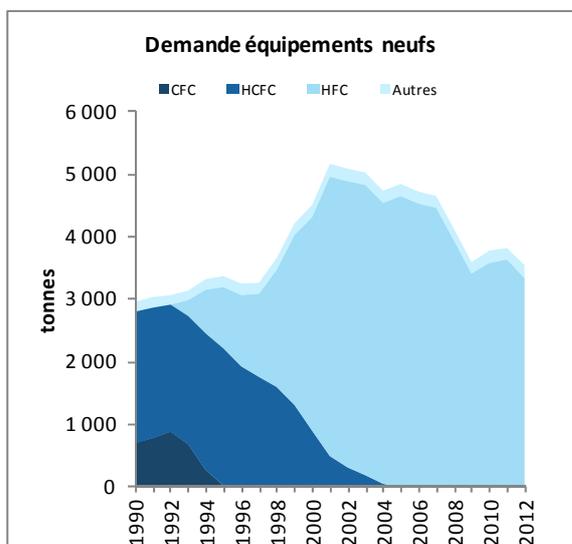


Figure III-16 Demande en fluides frigorigènes pour les équipements neufs en France métropole

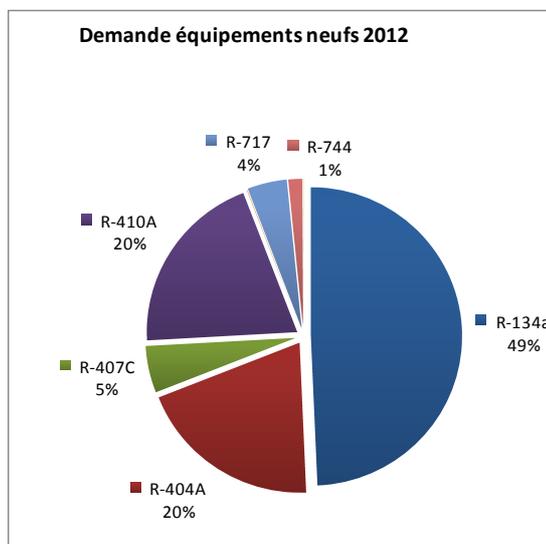


Figure III-17 Répartition des fluides utilisés pour les équipements neufs en France métropole

La demande pour les équipements neufs est toujours dominée par le HFC-134a, à 49 % en 2012 (Figure III-17) puis par le R-404A, encore utilisé pour les installations de froid commercial et froid industriel, même si un ralentissement est noté, et le R-410A, de plus en plus utilisé en production d'équipements de climatisation à air. Plus de 60 % de la demande en R-134a pour les équipements neufs est due à la climatisation automobile.

Tableau III-3 - Demande en fluides frigorigènes pour les **équipements neufs** de 1990 à 2012

	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	699	2 102	0	157	2 958
1991	776	2 090	0	172	3 038
1992	880	2 034	0	151	3 065
1993	681	2 048	258	152	3 139
1994	274	2 177	700	173	3 324
1995	28	2 183	984	176	3 371
1996	12	1 914	1 141	185	3 253
1997	0	1 758	1 327	179	3 264
1998	0	1 598	1 872	188	3 658
1999	0	1 311	2 715	190	4 216
2000	0	901	3 416	195	4 512
2001	0	499	4 463	209	5 170
2002	0	318	4 570	205	5 093
2003	0	195	4 635	202	5 032
2004	0	57	4 484	199	4 741
2005	0	1	4 650	198	4 848
2006	0	0	4 530	198	4 728
2007	0	0	4 464	193	4 657
2008	0	0	3 944	188	4 132
2009	0	0	3 410	185	3 595
2010	0	0	3 578	202	3 780
2011	0	0	3 636	187	3 823
<b>2012</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>3 337</b>	<b>211</b>	<b>3 548</b>

### Répartition sectorielle de la demande en fluides frigorigènes

La climatisation automobile domine encore le marché neuf (Figure III-18), à 31 %, suivie, à parts égales, par le froid commercial et les chillers (17 %). Le secteur du froid industriel est légèrement en retrait étant donné les durées de vie des installations et la fréquence donc moindre des renouvellements. En climatisation à air, il faut souligner qu'une partie des équipements est importée chargée et n'est donc pas comptabilisée dans la demande pour les équipements neufs.

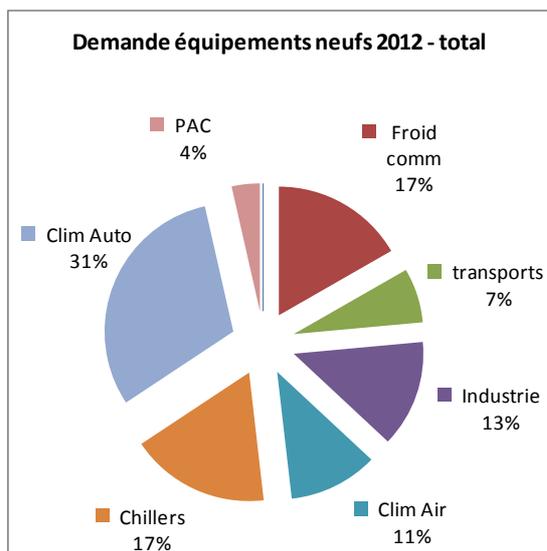


Figure III-18 – Répartition sectorielle de la demande en fluides frigorigènes pour les équipements neufs

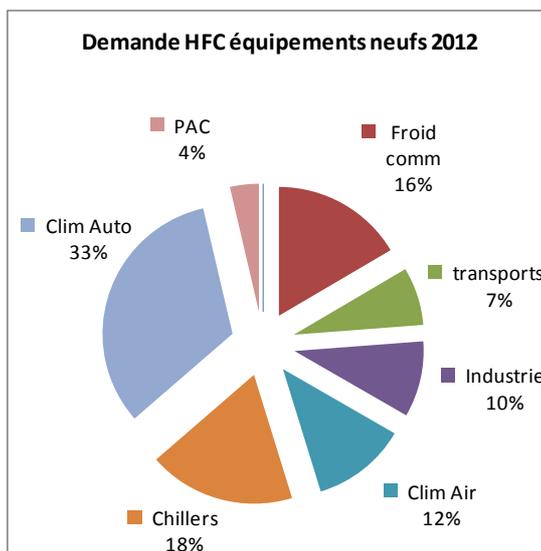


Figure III-19 – Répartition sectorielle de la demande en HFC pour les équipements neufs

La décomposition sectorielle de la demande des HFC est très proche de celle de la demande totale, puisque que seul le froid industriel utilise l'ammoniac et les hydrocarbures commencent seulement à apparaître dans les petits systèmes de froid commercial.

### III.3.2 - Demande en fluides frigorigènes pour le retrofit des installations

La demande nécessaire au retrofit des installations aux HCFC est significative depuis 2009 (Figure III-20). Elle est estimée à 600 t en 2012. Une nette décroissance est observée par rapport à 2011 du fait d'une attente de certains détenteurs vis-à-vis de l'évolution réglementaire, les conduisant à ne pas entreprendre un retrofit vers un fluide à GWP élevé qui pourrait être taxé ou interdit dans les prochaines années.

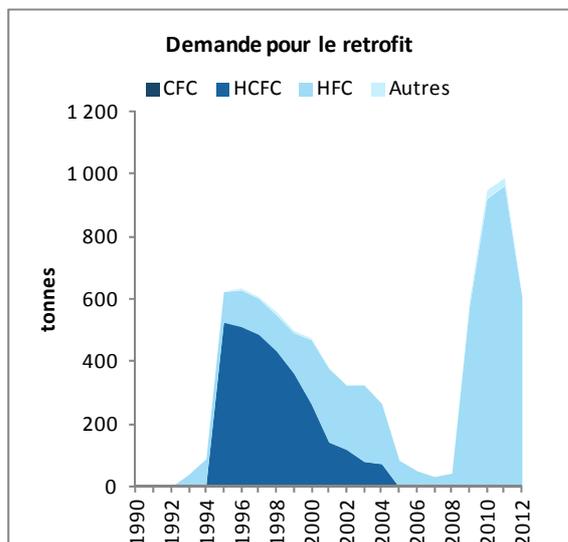


Figure III-20 Demande en fluides frigorigènes pour les retrofits d'installations en France métropole

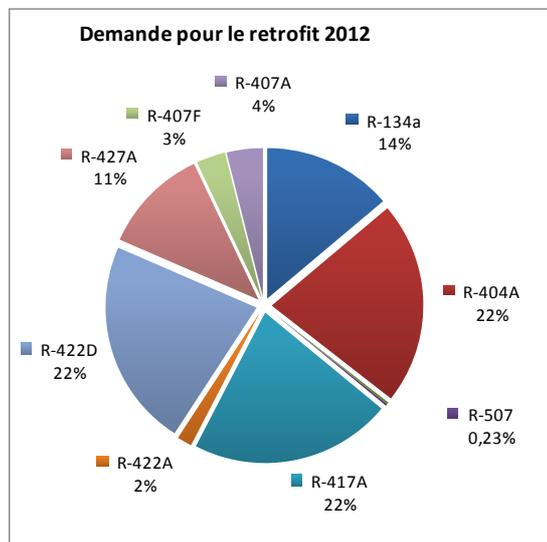


Figure III-21 Répartition des fluides utilisés pour les retrofits d'installations en France métropole

La série des fluides dits "de remplacement" est principalement utilisée pour les retrofits des installations aux HCFC (Figure III-21) mais les retrofits vers le R-404A sont également importants puisqu'ils constituent 22 % de la demande.

Tableau III-4 - Demande en fluides frigorigènes pour les **retrofits** d'installations de 1990 à 2012

	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	0	0	0	0	0
1991	0	0	0	0	0
1992	0	0	0	0	0
1993	0	0	39	0	39
1994	0	9	82	0	91
1995	0	526	98	0	624
1996	0	512	117	5	634
1997	0	487	115	4	607
1998	0	435	115	10	559
1999	0	363	130	7	499
2000	0	265	205	5	475
2001	0	143	235	2	380
2002	0	120	206	0	326
2003	0	81	245	0	326
2004	0	74	193	0	267
2005	0	0	85	0	85
2006	0	0	52	0	52
2007	0	0	33	0	33
2008	0	0	44	0	44
2009	0	0	576	18	593
2010	0	0	921	27	947
2011	0	0	962	24	986
2012	0	0	606	1	607

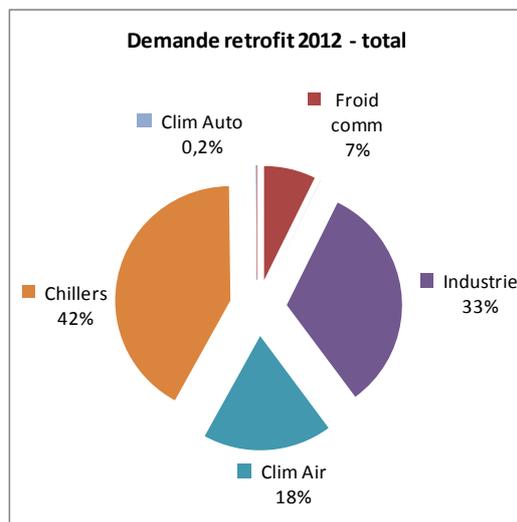


Figure III-22 – Répartition sectorielle de la demande en fluides frigorigènes pour les retrofits d'installations en France métropole

### III.3.3 - Demande en fluides frigorigènes pour la maintenance des installations

#### Répartition par fluide

La demande en fluides frigorigènes nécessaire à la maintenance de l'ensemble des équipements du parc français s'élève à 5 800 t en 2012, après les corrections apportées aux niveaux d'émissions de certains secteurs dans le cadre de cette étude d'inventaire (cf III.2.1- Etude paramétrique de l'impact du taux d'émissions sur l'estimation du marché de R-404A). Elle est en légère décroissance, de 4 %, par rapport au niveau corrigé de 2011.

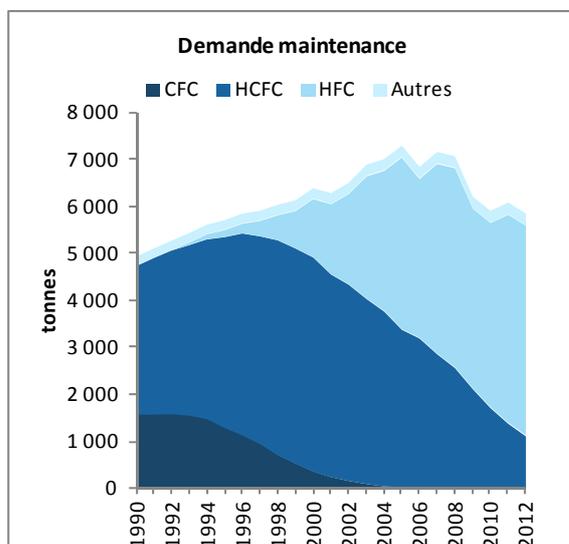


Figure III-23 Demande en fluides frigorigènes pour la maintenance des équipements du parc de France métropole

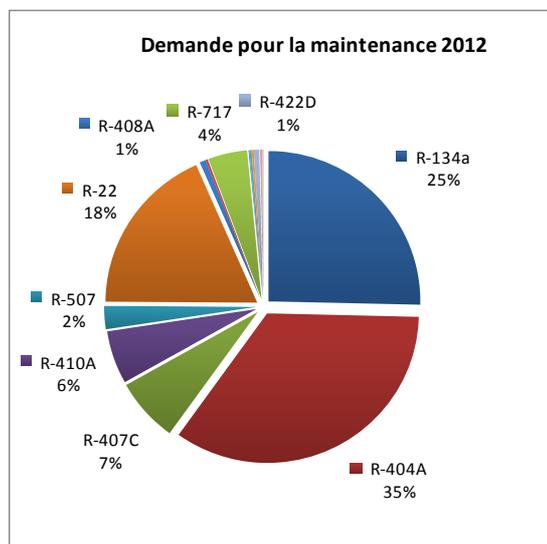


Figure III-24 Répartition des fluides utilisés pour la maintenance du parc des équipements de France métropole

Depuis 2008, la demande en R-22 pour la maintenance des installations baisse de près de 20 % par an et ne constitue plus que 19 % de la demande pour la maintenance en 2012.

La correction des taux d'émissions des installations de froid commercial et agroalimentaire sur l'historique a conduit à la correction de l'évaluation du marché maintenance de R-404A: il domine désormais le marché maintenance à plus d'un tiers (Figure III-24). La demande en R-134a, de 1480 t en 2012, représente 1/4 de la demande pour la maintenance du parc, dont près de la moitié est utilisée par la climatisation embarquée.

Tableau III-5 - Demande en fluides frigorigènes pour la maintenance de 1990 à 2012

	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	1 578	3 157	0	184	4 919
1991	1 584	3 322	0	188	5 095
1992	1 589	3 479	0	191	5 259
1993	1 559	3 623	46	193	5 422
1994	1 486	3 817	103	197	5 603
1995	1 297	4 054	145	200	5 697
1996	1 139	4 289	202	204	5 835
1997	955	4 414	320	207	5 896
1998	719	4 566	525	211	6 021
1999	539	4 572	790	215	6 116
2000	367	4 555	1 235	219	6 375
2001	249	4 308	1 490	223	6 270
2002	170	4 172	1 922	225	6 489
2003	107	3 932	2 601	230	6 871
2004	57	3 716	2 987	231	6 991
2005	39	3 347	3 656	232	7 273
2006	25	3 173	3 388	236	6 822
2007	17	2 846	4 042	238	7 143
2008	9	2 562	4 246	236	7 052
2009	3	2 120	3 831	242	6 196
2010	1	1 717	3 931	246	5 895
2011	1	1 385	4 436	247	6 069
<b>2012</b>	<b>0</b>	<b>1 119</b>	<b>4 470</b>	<b>250</b>	<b>5 839</b>

### Répartition sectorielle de la demande en fluides frigorigènes pour la maintenance

La demande pour la maintenance est dominée par le froid commercial (31 %) et le froid industriel (25 %) dont les équipements ont des charges élevées et nécessitent des opérations de maintenance annuelles. Depuis 2009, la part de la climatisation automobile conserve un niveau faible, de 12 % en 2012 (comparée à 24 % en 2008). Des données précises sur le marché maintenance n'ont pas pu être obtenues pour valider le modèle de calcul cependant, la baisse globale du marché de HFC-134a est bien confirmée sur 2009-2012 par les déclarations au SNEFCCA.

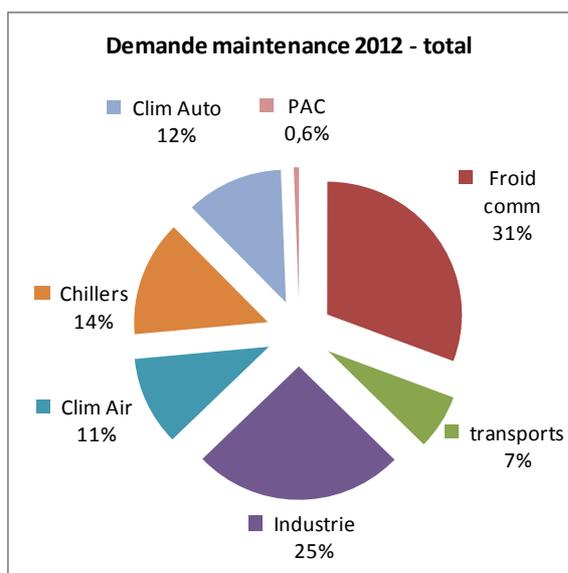


Figure III-25 – Répartition sectorielle de la demande en fluides frigorigènes pour la maintenance des installations

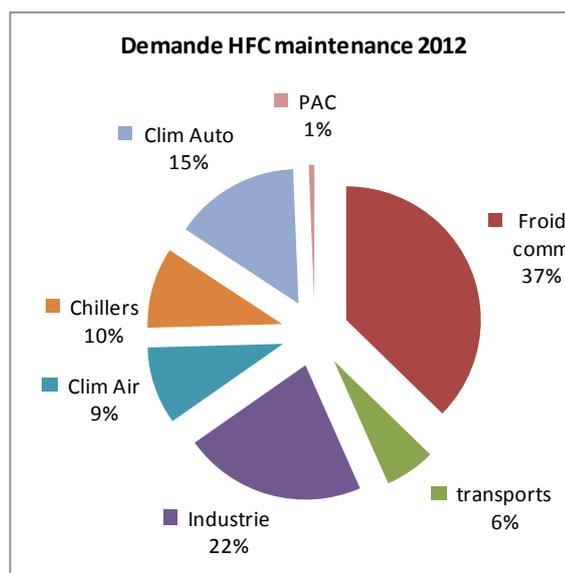


Figure III-26 – Répartition sectorielle de la demande en HFC pour la maintenance des installations

Le froid commercial, utilisant davantage de HFC que le froid industriel et dont les installations centralisées ont des taux d'émissions fugitives élevés, domine largement le marché maintenance des HFC à 37 %.

### III.3.4 - Banque des fluides frigorigènes

La banque de fluides frigorigènes correspond aux quantités totales de fluides frigorigènes contenues dans l'ensemble des équipements installés sur le sol français. Son calcul dépend de la durée de vie des équipements, de leur charge et des marchés annuels en fonction des fluides utilisés.

#### Répartition par fluide

En 2012, la banque totale de fluides frigorigènes en France métropole est stable par rapport à 2011 (+0,5 %) et estimée à 57 400 tonnes. Elle est dominée par le R-134a (Figure III-28) et le secteur de la climatisation automobile (Figure III-29). Du fait des retrofits et fins de vie d'installations, la banque de HCFC, fortement décroissante (-21 %), est réduite à 5 800 tonnes.

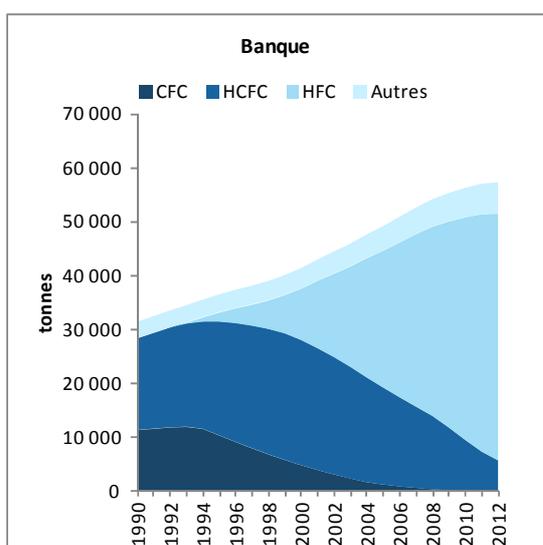


Figure III-27 Banque de fluides frigorigènes en France métropole

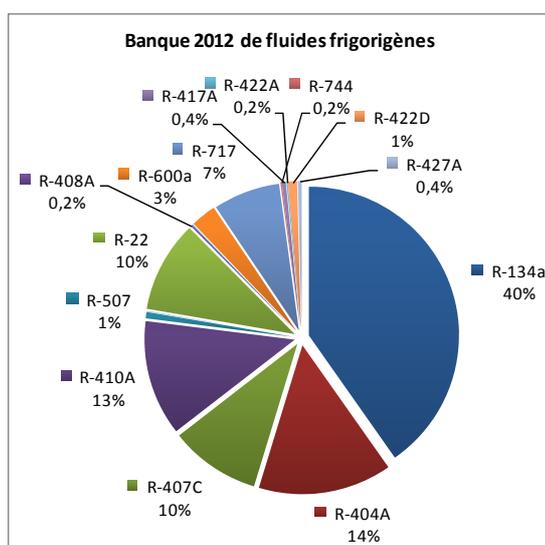


Figure III-28 Répartition des fluides formant la banque de France métropole

Tableau III-6 - Evolution de la banque de fluides frigorigènes de 1990 à 2012

	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	11 490	16 927	0	3 029	31 447
1991	11 710	17 711	0	3 086	32 506
1992	11 973	18 439	2	3 125	33 539
1993	12 070	19 108	172	3 162	34 511
1994	11 697	19 881	762	3 216	35 555
1995	10 490	21 077	1 671	3 284	36 523
1996	9 273	22 010	2 740	3 368	37 391
1997	8 089	22 726	3 880	3 452	38 146
1998	6 971	23 239	5 278	3 551	39 039
1999	5 928	23 443	7 118	3 654	40 143
2000	4 924	23 215	9 536	3 765	41 439
2001	4 038	22 577	12 528	3 902	43 044
2002	3 235	21 737	15 497	4 046	44 516
2003	2 464	20 695	18 634	4 205	45 998
2004	1 802	19 393	22 141	4 375	47 712
2005	1 370	17 964	25 373	4 554	49 262
2006	1 022	16 520	28 685	4 741	50 968
2007	739	15 063	31 987	4 920	52 709
2008	500	13 585	35 082	5 088	54 255
2009	310	11 629	38 203	5 266	55 408
2010	174	9 452	41 268	5 471	56 364
2011	78	7 388	44 025	5 650	57 141
2012	20	5 825	45 749	5 822	57 416

## Répartition sectorielle de la banque de fluides frigorigènes

L'allure sectorielle de la banque évolue peu. Un parc automobile climatisé croissant domine la banque totale, devant les installations aux fortes charges du froid industriel et des chillers. La part du froid commercial ne représente que 11 % de la banque totale, grâce au renouvellement des installations centralisées vers des systèmes indirects. Quant à la banque de HFC, elle reste nettement dominée par la climatisation automobile (34 %).

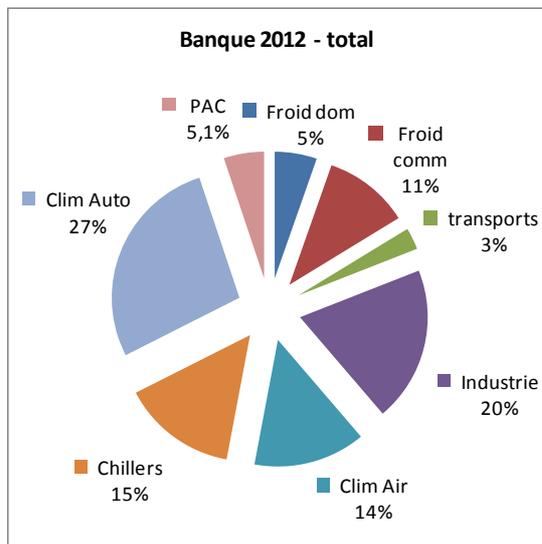


Figure III-29 - Répartition sectorielle de la banque de fluides frigorigènes

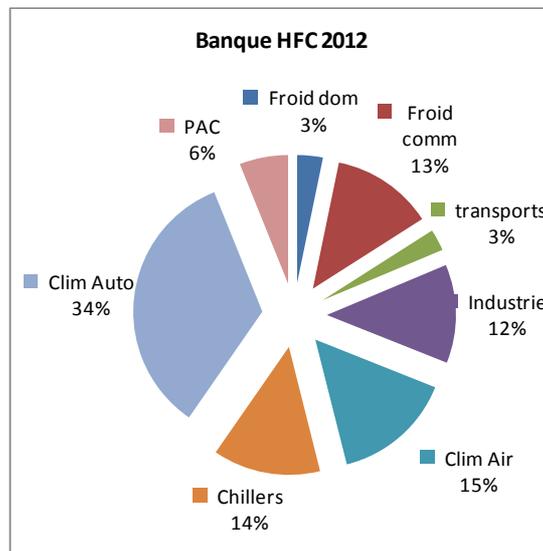


Figure III-30 - Répartition sectorielle de la banque de HFC

### III.3.5 - Emissions des fluides frigorigènes

Cette partie présente l'évolution des émissions totales de fluides frigorigènes, incluant les émissions fugitives, à la charge, lors des opérations de maintenance et de retrofit, ainsi que les émissions de produisant lors du démantèlement des installations ayant atteint leur fin de vie.

#### Répartition par fluide

Les émissions totales sont en légère décroissance par rapport à 2011 et évaluées à 8 300 t de fluides frigorigènes pour 2012, à 79 % de HFC.

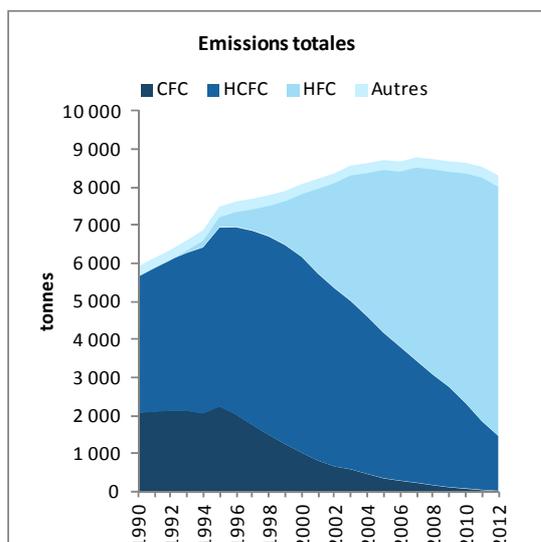


Figure III-31 Emissions de fluides frigorigènes en France métropole

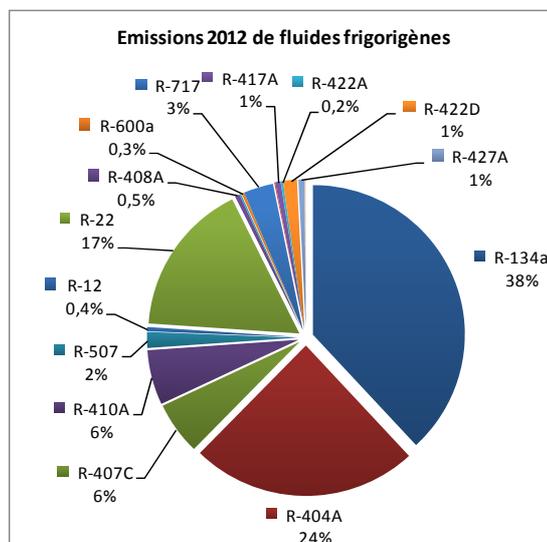


Figure III-32 Répartition des émissions par fluide frigorigène en France métropole

Cela traduit la tendance à la baisse des niveaux d'émissions des équipements neufs de certains secteurs mais aussi un moins grand nombre de retrofits et une baisse de la production (réduction des émissions à la charge) observés en 2012.

Les émissions de HCFC continuent de décroître telles que leur banque, d'environ 20 % par rapport à 2011, et ne constituent plus que 17 % des émissions totales en 2012. Traduisant l'évolution de la banque, les émissions totales sont dominées par celles des HFC et du R-134a en particulier, à 38 % (Figure III-33 et Figure III-28).

Tableau III-7- Emissions des fluides frigorigènes 2012

	<b>CFC</b>	<b>HCFC</b>	<b>HFC</b>	<b>Autres</b>	<b>Total</b>
1990	2 077	3 587	0	266	5 930
1991	2 108	3 783	0	271	6 162
1992	2 137	3 967	0	272	6 376
1993	2 129	4 150	73	275	6 627
1994	2 065	4 364	187	280	6 895
1995	2 249	4 698	286	280	7 513
1996	2 031	4 923	411	281	7 647
1997	1 765	5 098	575	277	7 716
1998	1 497	5 214	820	278	7 808
1999	1 255	5 232	1 163	272	7 922
2000	1 046	5 133	1 657	268	8 103
2001	833	4 907	2 235	266	8 241
2002	677	4 682	2 761	263	8 384
2003	604	4 416	3 306	262	8 588
2004	484	4 132	3 770	262	8 648
2005	370	3 813	4 286	263	8 732
2006	305	3 515	4 605	266	8 691
2007	251	3 202	5 080	268	8 801
2008	190	2 895	5 403	271	8 759
2009	135	2 624	5 662	277	8 698
2010	100	2 235	6 041	286	8 662
2011	63	1 797	6 408	290	8 557
<b>2012</b>	<b>37</b>	<b>1 438</b>	<b>6 552</b>	<b>299</b>	<b>8 326</b>

Sur l'ensemble des secteurs, le taux d'émissions global équivalent, incluant tous les types d'émissions est en décroissance, estimé à **14,5 %** en 2012.

### **Répartition sectorielle des émissions de fluides frigorigènes**

Les répartitions sectorielles des émissions présentées Figure III-33 et Figure III-34 sont impactées par les fortes corrections des taux d'émissions apportées aux secteurs du froid commercial et industriel.

Le secteur de la climatisation automobile domine toujours les émissions totales et de HFC, pénalisé par une filière de récupération très peu efficace. Cependant, la part des émissions du froid commercial est désormais très proche, pour les émissions totales comme pour les émissions de HFC.

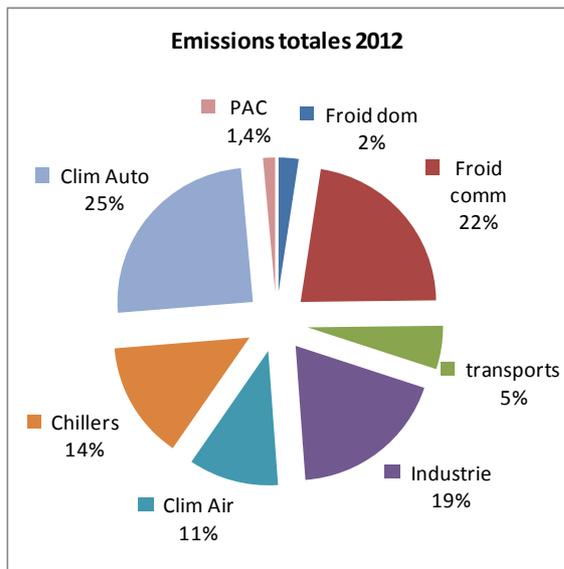


Figure III-33 - Répartition sectorielle des émissions de fluides frigorigènes

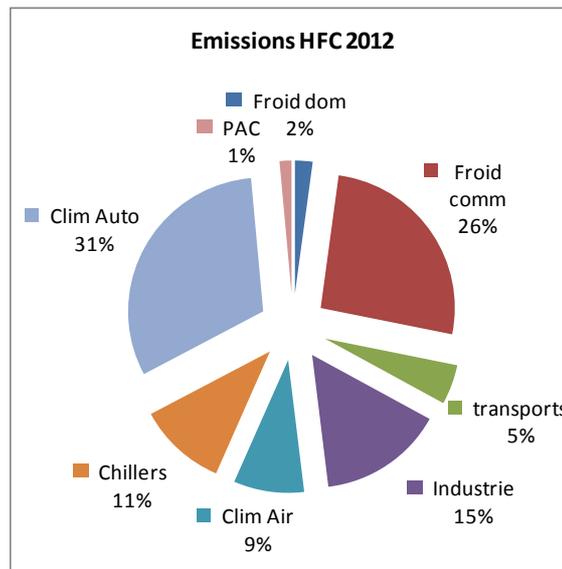


Figure III-34 - Répartition sectorielle des émissions de HFC

### III.3.6 - Emissions équivalentes CO<sub>2</sub> des fluides frigorigènes

Les émissions totales en équivalent CO<sub>2</sub> sont calculées sur la base des GWP publiés dans 2<sup>ème</sup> Rapport d'évaluation du GIEC (Annexe 1).

#### Répartition par fluide

Les émissions totales de fluides frigorigènes exprimées en équivalent CO<sub>2</sub> sont évaluées à 15,8 millions de tonnes. Elles sont en baisse de 3 % par rapport à 2011 grâce, principalement, aux secteurs des chillers, de la climatisation automobile et du froid domestique dont les renouvellements d'équipements ont progressivement permis d'obtenir un parc moins émissif.

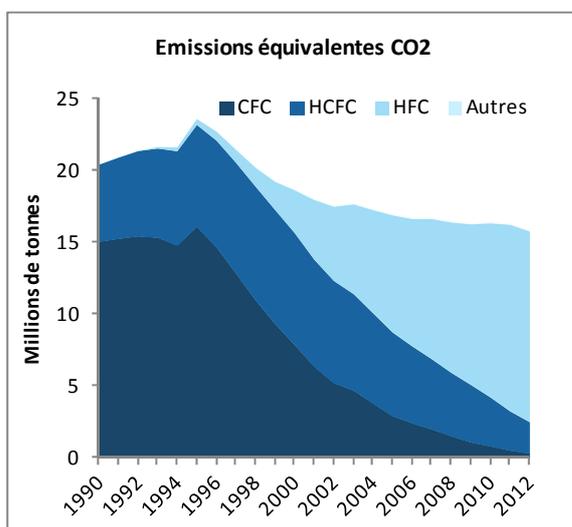


Figure III-35 Emissions CO<sub>2</sub> équivalentes de fluides frigorigènes en France métropole

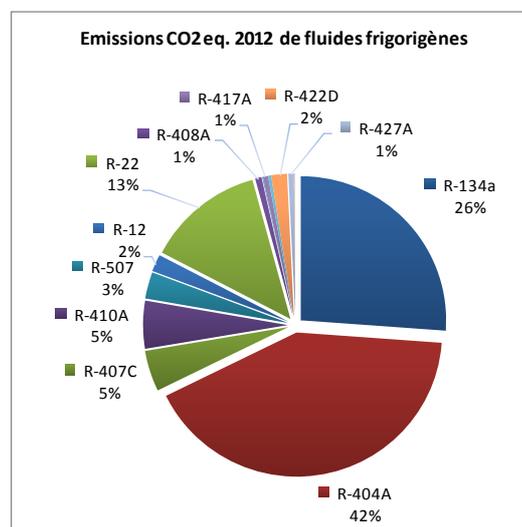


Figure III-36 Répartition des émissions CO<sub>2</sub> équivalentes par fluide en France métropole

Comme le montre la Figure III-37, les émissions du froid domestique par exemple ne représentent plus que 3 % des émissions totales équivalentes CO<sub>2</sub> de la France métropole (contre 12 % en 2000) grâce au renouvellement du parc de réfrigérateurs et congélateurs vers des équipements au R-600a. En revanche, la part des émissions équivalentes CO<sub>2</sub> dues au R-404A est en forte croissance et représente 42 % des émissions totales en 2012 avec 6,6 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> émises.

Tableau III-8 - Emissions équivalentes CO<sub>2</sub> de fluides frigorigènes 2012 (en millions de tonnes) selon le 2<sup>ème</sup> rapport d'évaluation du GIEC

	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	15,06	5,38	0,00	0,00	20,44
1991	15,26	5,67	0,00	0,00	20,94
1992	15,44	5,95	0,00	0,00	21,39
1993	15,34	6,23	0,10	0,00	21,66
1994	14,80	6,58	0,26	0,00	21,64
1995	16,10	7,11	0,41	0,00	23,62
1996	14,66	7,46	0,62	0,00	22,74
1997	12,84	7,73	0,90	0,00	21,47
1998	10,99	7,91	1,31	0,00	20,22
1999	9,32	7,95	1,96	0,00	19,24
2000	7,87	7,80	2,97	0,00	18,64
2001	6,35	7,47	4,15	0,00	17,97
2002	5,21	7,13	5,16	0,00	17,50
2003	4,69	6,74	6,24	0,00	17,67
2004	3,78	6,31	7,18	0,00	17,27
2005	2,91	5,83	8,15	0,00	16,90
2006	2,41	5,38	8,86	0,00	16,64
2007	1,99	4,90	9,76	0,00	16,65
2008	1,51	4,43	10,46	0,00	16,39
2009	1,08	4,01	11,19	0,00	16,28
2010	0,81	3,42	12,12	0,00	16,34
2011	0,51	2,75	12,99	0,00	16,24
2012	0,30	2,20	13,28	0,00	15,78

### Répartition sectorielle des émissions de fluides frigorigènes en équivalent CO<sub>2</sub>

Les émissions CO<sub>2</sub> de fluides frigorigènes sont largement dominées depuis plusieurs années par le secteur du froid commercial. Du fait des corrections apportées dans cette édition d'inventaires aux taux d'émissions des super et hypermarchés, cette tendance est accrue mais reste à confirmer.

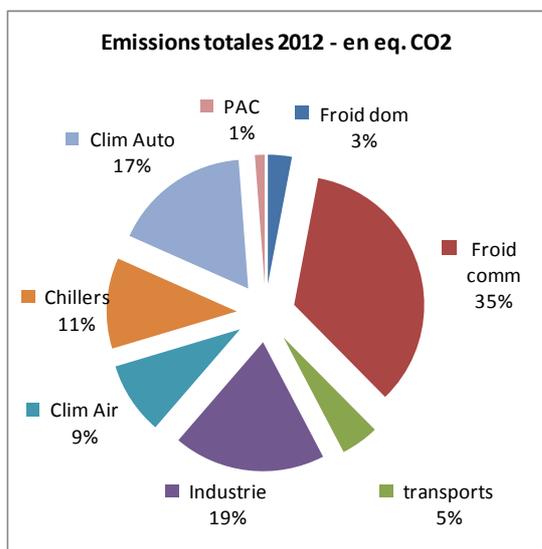


Figure III-37 – Répartition sectorielle des émissions de fluides frigorigènes en équivalent CO<sub>2</sub>.

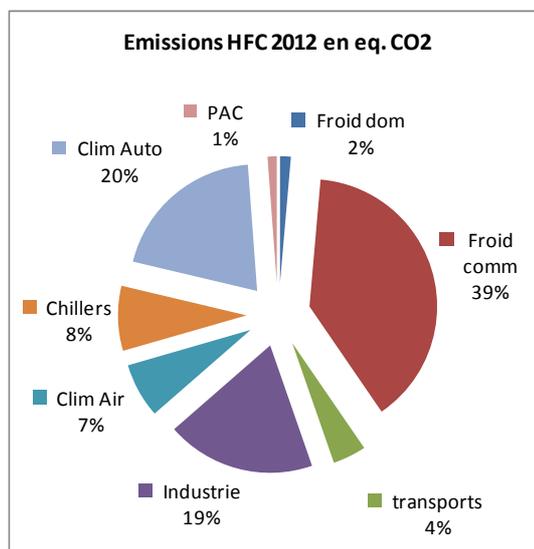


Figure III-38 – Répartition sectorielle des émissions de HFC en équivalent CO<sub>2</sub>.

### III.3.7 - Récupération des fluides frigorigènes

Les quantités récupérées calculées par RIEP sont marquées d'une forte incertitude. Elles sont calculées en fonction d'une estimation de l'efficacité des filières de récupération par secteur, basée sur les résultats d'enquête, le plus souvent qualitatifs, marqués eux-mêmes d'une grande incertitude. De plus, les quantités calculées ne tiennent pas compte d'un éventuel recyclage pour réutilisation pour la maintenance d'autres installations et présentent nécessairement un écart avec les quantités qui sont retournées aux distributeurs.

#### Répartition par fluide

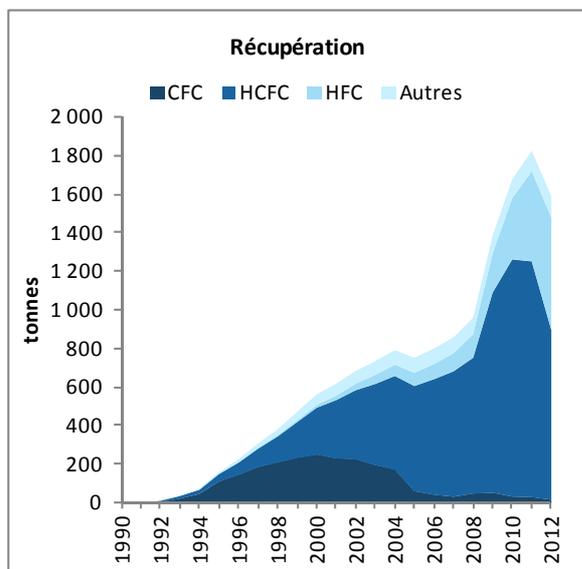


Figure III-39 Quantités de fluides frigorigènes récupérées en fin de vie des équipements en France métropole

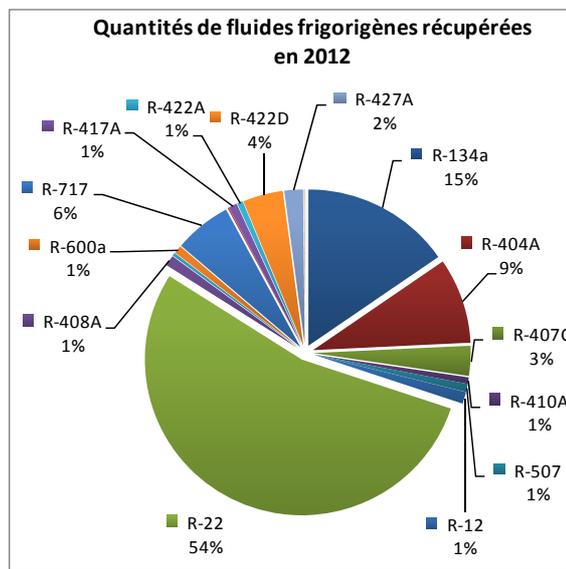


Figure III-40 Répartition par fluide des quantités de fluides frigorigènes récupérées en France métropole

Tableau III-9 - Récupération des fluides frigorigènes 2012

	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	0	0	0	0	0
1991	0	0	0	0	0
1992	8	6	0	1	15
1993	25	14	0	3	41
1994	49	22	1	5	76
1995	113	39	1	8	161
1996	148	64	3	14	228
1997	187	96	4	23	310
1998	212	135	6	30	383
1999	235	186	9	43	473
2000	252	243	14	54	563
2001	232	302	23	61	618
2002	228	358	33	65	684
2003	198	420	46	70	734
2004	175	485	58	74	792
2005	63	544	68	77	752
2006	46	597	77	79	799
2007	35	648	92	81	857
2008	52	702	121	85	959
2009	56	1 035	201	90	1 382
2010	36	1 226	315	96	1 673
2011	33	1 219	464	104	1 820
2012	20	878	579	109	1 585

Les quantités récupérées calculées ( Tableau III-9) sont estimées à près de 1 600 t en 2012, contre 1 168 t déclarées retournées aux distributeurs au SNEFCCA. Selon l'OFF [OFF13], 814 t de fluides frigorigènes récupérées ont été déclarées remises aux distributeurs mais elles ne représenteraient qu'un tiers des quantités totales de fluides récupérées par les opérateurs. Ceci conforterait donc l'hypothèse qu'une partie des fluides récupérés est réutilisée pour la maintenance des installations, sans être retournée aux distributeurs.

### Répartition sectorielle de la récupération des fluides frigorigènes

En 2012, du fait de la période réglementaire de limitation d'utilisation des HCFC pour la maintenance des installations, la récupération des fluides frigorigènes concerne encore majoritairement (55 %) les HCFC et est pratiquée principalement dans les secteurs du froid industriel et des chillers.

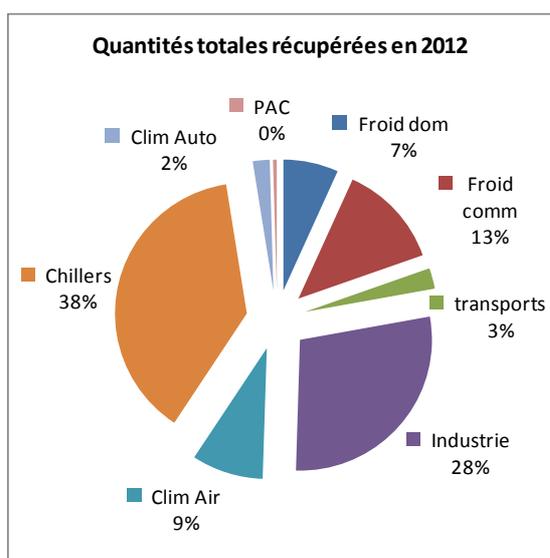


Figure III-41- Répartition sectorielle des quantités de fluides frigorigènes récupérées.

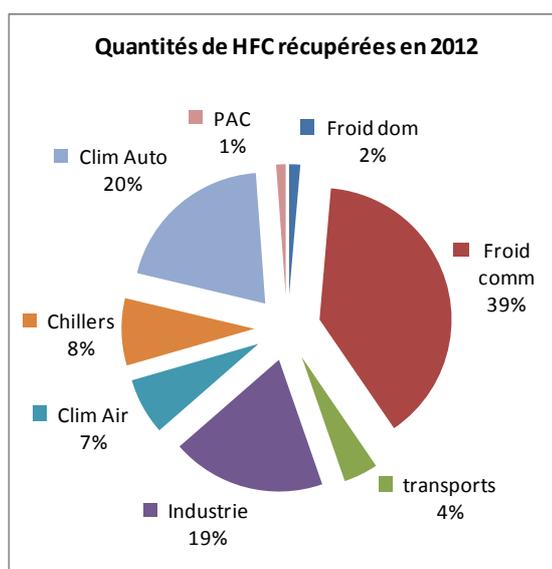


Figure III-42- Répartition sectorielle des quantités de HFC récupérées.

### III.4 – Résultats globaux inventaires 2012 DOM COM

Les modèles de base pris en compte pour les territoires des DOM COM ont été présentés dans le rapport d'Inventaires 2010 [BAR11] et ont peu évolué. Les courbes des modèles "métropole décalé" et "Economy In Transition" ont été maintenues, prolongées sur 2012 et adaptées en fonction des corrections appliquées à la métropole. Les principales mises à jour statistiques concernent les secteurs du froid domestique (mises à jour des recensements INSEE et taux d'équipements en appareil électroménager), du froid commercial (ouvertures de super ou hypermarchés recensées), froid agroalimentaire (mise à jour des productions par le site FAO [FAO13]) et climatisation automobile (données marchés pour les DOM [CCF13]). Les résultats présentés dans cette section concernent la demande totale, la banque et les émissions totales, pour les DOM puis pour les COM, les évolutions des fluides utilisés dans les deux entités étant très différentes. Les résultats communiqués par territoire au CITEPA tiennent compte des résultats total DOM et total COM auxquels sont appliqués des ratios de population.

#### III.4.1 - Demande totale en fluides frigorigènes dans les DOM COM

La demande totale en fluides frigorigènes pour les DOM est estimée à 240 tonnes en 2012, correspondant à 2 % du niveau de la métropole.

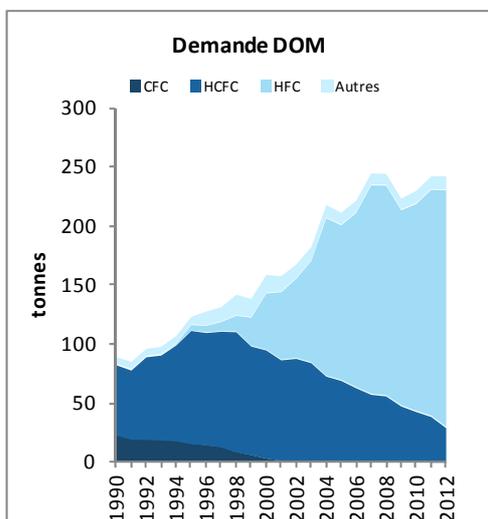


Figure III-43 Demande totale de fluides frigorigènes dans les DOM

Tableau III-10 Demande totale de fluides frigorigènes dans les DOM

	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	23	59	0	6	88
1991	19	59	0	6	84
1992	19	70	0	6	95
1993	19	72	0	6	97
1994	18	81	1	6	106
1995	16	96	5	6	122
1996	14	95	5	12	127
1997	13	98	8	12	130
1998	9	102	13	17	141
1999	6	92	24	15	138
2000	3	91	48	15	158
2001	2	85	57	13	157
2002	1	87	67	12	167
2003	0	84	86	11	182
2004	0	73	134	11	217
2005	0	69	132	10	211
2006	0	63	149	10	221
2007	0	57	178	9	244
2008	0	56	179	9	244
2009	0	48	166	9	223
2010	0	43	176	10	229
2011	0	39	192	10	242
2012	0	29	202	11	242

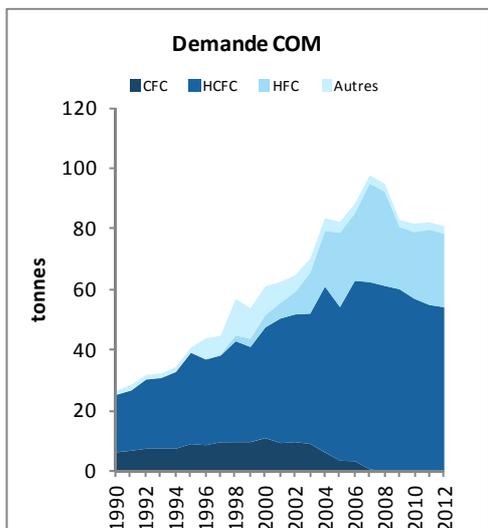


Figure III-44 Demande totale de fluides frigorigènes dans les COM

Tableau III-11 Demande totale de fluides frigorigènes dans les COM

	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	6	19	0	1	26
1991	7	20	0	2	29
1992	8	23	0	1	32
1993	8	23	0	1	32
1994	8	25	0	1	34
1995	9	30	0	2	41
1996	9	28	0	7	44
1997	10	28	0	6	45
1998	10	33	2	12	57
1999	10	31	3	10	54
2000	11	36	4	10	61
2001	9	41	5	7	63
2002	10	42	7	6	65
2003	9	43	13	5	70
2004	6	54	19	4	84
2005	4	50	25	4	82
2006	3	59	22	3	88
2007	1	61	33	3	98
2008	0	61	31	3	95
2009	0	60	21	2	83
2010	0	57	22	3	82
2011	0	55	25	2	82
2012	0	54	24	3	81

### frigorigènes dans les COM

Les trois quarts de la demande sont utilisés pour la maintenance du parc d'installation. Les secteurs les plus utilisateurs étant le froid commercial et la climatisation à air.

Dans les COM la demande est de l'ordre de 80 tonnes par an, soit moins de 1 % du niveau de la métropole. La demande en HCFC est encore dominante (67 %) car les territoires ne sont pas assujettis à la réglementation nationale. Comme pour les DOM, ce sont les secteurs de la climatisation et du froid commercial qui sont les plus consommateurs de fluides frigorigènes.

#### ***III.4.2 - Banque de fluides frigorigènes dans les DOM COM***

La banque totale de fluides frigorigènes dans les DOM est estimée à 1 500 t réparties majoritairement dans les secteurs de la climatisation à air (31 %), de la climatisation automobile (26 %) et du froid commercial (18 %). Les fluides les plus utilisés sont le R-134a (34 %), le R-410A (18 %) et le R-404A (15 %).

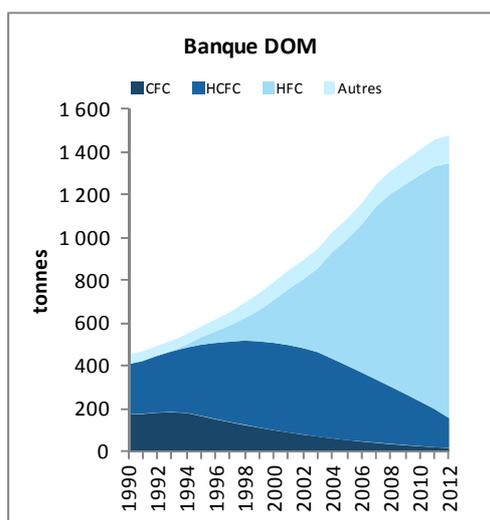


Figure III-45 Banque de fluides frigorigènes dans les DOM

Tableau III-12 Banque de fluides frigorigènes dans les DOM

	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	176	235	0	44	456
1991	179	248	0	46	472
1992	185	266	0	47	498
1993	187	283	3	48	522
1994	183	305	15	49	552
1995	169	334	34	51	587
1996	154	356	54	57	621
1997	141	376	77	63	656
1998	128	394	104	72	698
1999	115	403	146	79	743
2000	102	409	200	84	796
2001	91	409	263	87	850
2002	82	404	323	89	898
2003	72	396	392	90	950
2004	63	374	500	93	1 029
2005	56	349	590	95	1 090
2006	50	323	692	98	1 162
2007	44	296	810	101	1 251
2008	38	268	904	106	1 315
2009	32	240	981	109	1 363
2010	27	209	1 061	115	1 413
2011	23	178	1 138	121	1 460
2012	18	140	1 194	128	1 480

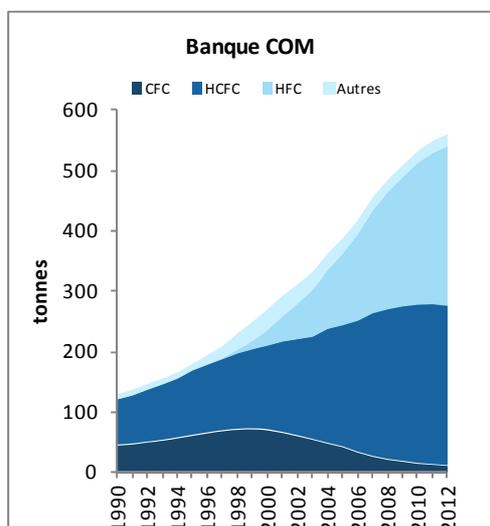


Figure III-46 Banque de fluides frigorigènes dans les COM

Tableau III-13 Banque de fluides frigorigènes dans les COM

	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	46	75	0	9	130
1991	47	80	0	10	137
1992	51	86	0	10	147
1993	54	91	0	10	156
1994	57	98	0	10	166
1995	62	107	0	11	180
1996	66	112	1	16	194
1997	70	118	2	19	209
1998	72	125	6	27	230
1999	73	131	14	32	250
2000	71	139	26	34	270
2001	66	150	42	34	293
2002	61	159	59	32	311
2003	55	169	78	30	332
2004	49	189	98	27	362
2005	43	201	119	25	387
2006	34	217	144	23	418
2007	27	236	170	22	455
2008	22	248	194	20	484
2009	19	256	214	19	508
2010	15	262	235	20	532
2011	14	264	251	20	548
2012	12	264	264	20	560

Dans les territoires des COM, la banque des fluides frigorigènes est faible, de seulement 550 t réparties majoritairement en climatisation automobile (30 %) et climatisation à air (30 %). Elle est majoritairement constituée de R-22 (47 %) et de R-134a (39 %).

### III.4.3 - Emissions totales de fluides frigorigènes dans les DOM COM

Les émissions de fluides frigorigènes dans les DOM sont évaluées à 3 % du niveau de la métropole, à environ 250 t, constituées majoritairement de R-134a (25 %), R-404A (23 %) et R-22 (21 %). Les secteurs les plus émissifs sont le froid commercial (30 %), la climatisation à air (30 %) et la climatisation automobile (20 %).

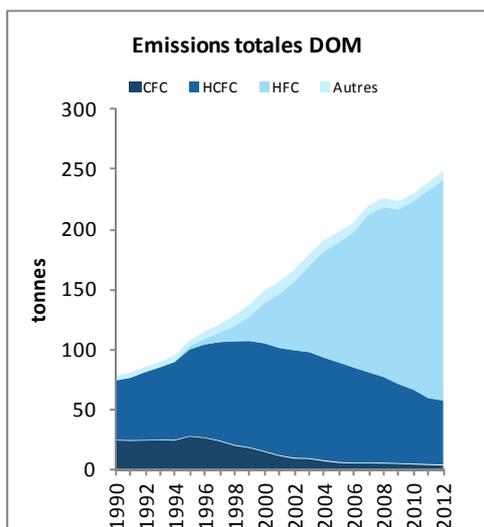


Figure III-47 Emissions totales (t) de fluides frigorigènes dans les DOM.

Tableau III-14 Emissions totales (t) de fluides frigorigènes dans les DOM

	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	25	50	0	4	79
1991	25	52	0	4	81
1992	25	57	0	4	86
1993	25	60	0	5	90
1994	25	65	1	5	96
1995	28	72	3	5	108
1996	27	78	5	6	115
1997	24	82	8	7	121
1998	21	87	13	9	129
1999	19	89	20	10	137
2000	15	90	33	11	150
2001	12	90	44	11	157
2002	10	90	56	10	166
2003	10	89	71	10	179
2004	8	86	88	9	191
2005	6	83	99	9	198
2006	6	80	112	8	206
2007	6	76	131	8	220
2008	6	72	141	7	226
2009	5	66	145	7	223
2010	5	62	156	7	230
2011	5	56	172	7	239
2012	4	54	183	7	248

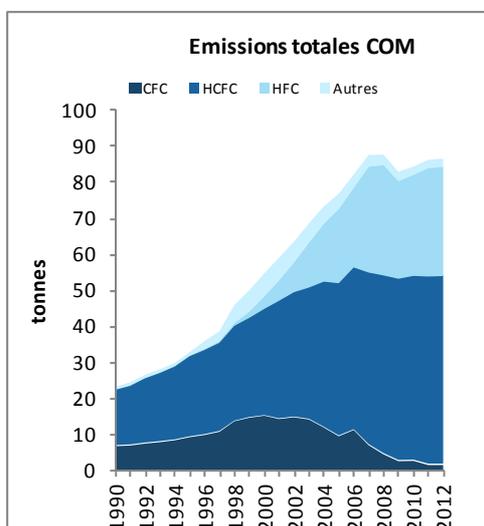


Figure III-48 Emissions totales (t) de fluides frigorigènes dans les COM

Tableau III-15 Emissions totales (t) de fluides frigorigènes dans les COM

	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	7	16	0	1	24
1991	7	17	0	1	25
1992	8	18	0	1	27
1993	8	19	0	1	28
1994	9	21	0	1	30
1995	9	23	0	1	33
1996	10	24	0	2	36
1997	11	25	0	3	39
1998	14	27	1	5	46
1999	15	28	2	6	50
2000	15	30	3	6	55
2001	14	33	6	6	59
2002	15	35	8	6	64
2003	14	37	12	5	69
2004	12	40	16	5	73
2005	10	42	21	4	77
2006	11	45	22	4	82
2007	7	48	29	3	88
2008	5	50	31	3	88
2009	3	51	27	3	83
2010	3	51	28	2	84
2011	2	52	30	2	86
2012	2	52	30	2	87

Les émissions de fluides frigorigènes dans les COM sont évaluées à 1 % du niveau de la métropole, à environ 90 t, constituées majoritairement de R-22 (60 %) et de R-134a (27 %). Les secteurs les plus émissifs sont la climatisation à air (28 %), la climatisation automobile (24 %) et le froid commercial (23 %).

#### III.4.4 - Emissions CO<sub>2</sub> équivalentes de fluides frigorigènes dans les DOM COM

En équivalent CO<sub>2</sub>, les émissions totales des DOM sont estimées à 500 000 tonnes, soit 3 % du niveau de la métropole. Pénalisé par son GWP, le R-404A domine les émissions CO<sub>2</sub> à 37 % et le froid commercial la répartition sectorielle à 41 %.

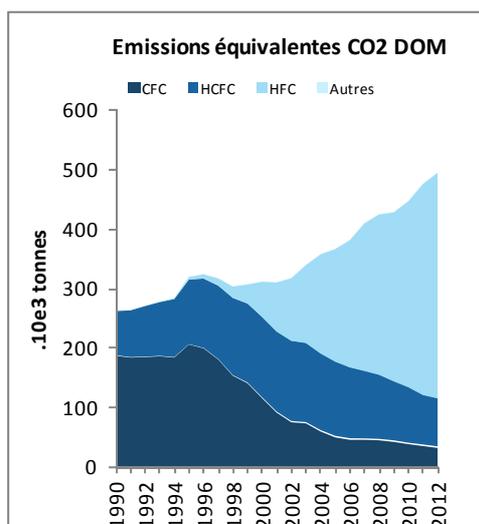


Figure III-49 Emissions totales équivalentes CO<sub>2</sub> de fluides frigorigènes (milliers de tonnes) dans les DOM

Tableau III-16 Emissions totales équivalentes CO<sub>2</sub> de fluides frigorigènes (milliers de tonnes) dans les DOM

	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	188	75	0	0	263
1991	185	79	0	0	264
1992	186	86	0	0	271
1993	187	91	0	0	278
1994	185	98	1	0	285
1995	207	109	4	0	320
1996	201	117	7	0	325
1997	182	124	12	0	318
1998	154	131	19	0	304
1999	142	134	32	0	308
2000	117	136	59	0	312
2001	93	135	83	0	311
2002	77	136	105	0	318
2003	75	134	131	0	340
2004	62	130	166	0	358
2005	52	126	189	0	367
2006	48	121	214	0	382
2007	48	115	248	0	410
2008	47	109	269	0	425
2009	44	101	284	0	429
2010	40	95	312	0	447
2011	37	85	354	0	476
2012	34	82	379	0	495

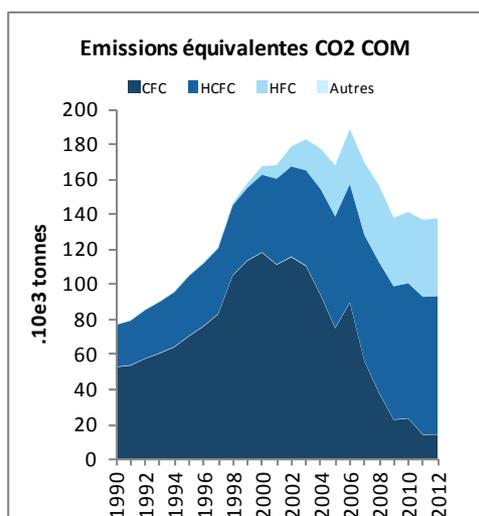


Figure III-50 Emissions totales équivalentes CO<sub>2</sub> de fluides frigorigènes (milliers de tonnes) dans les COM

Tableau III-17 Emissions totales équivalentes CO<sub>2</sub> de fluides frigorigènes (milliers de tonnes) dans les COM

	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	53	24	0	0	77
1991	54	25	0	0	79
1992	58	27	0	0	85
1993	61	29	0	0	90
1994	64	31	0	0	96
1995	71	34	0	0	105
1996	76	36	0	0	112
1997	83	37	1	0	121
1998	105	40	1	0	147
1999	114	42	3	0	158
2000	118	45	5	0	168
2001	111	49	8	0	168
2002	116	52	12	0	179
2003	111	55	18	0	183
2004	94	61	23	0	178
2005	75	64	30	0	168
2006	90	68	32	0	189
2007	56	72	42	0	170
2008	38	74	44	0	157
2009	23	76	39	0	138
2010	24	77	41	0	142
2011	14	78	44	0	137
2012	15	78	45	0	138

Dans les COM, les émissions de fluides frigorigènes sont estimées à 138 000 tonnes de CO<sub>2</sub> équivalent, soit moins de 1 % des émissions de la métropole. Elles sont dominées à 57 % par le R-22 et, d'un point de vue sectoriel à 28 % par la climatisation à air et à 24 % par le froid commercial.

### ***III.4.5 - Quantités de fluides frigorigènes récupérées dans les DOM COM***

Les quantités de fluides frigorigènes récupérées dans les DOM et dans les COM sont très faibles, estimées à 1 t annuelle pour les COM et 7 t pour les DOM, les filières de récupération n'étant pas mises en place ou peu efficaces.

## IV. LE FROID DOMESTIQUE

### IV.1 - Méthode de calcul

En froid domestique, deux types d'équipements sont pris en compte :

- les réfrigérateurs, tous types confondus (simples, double-porte, combinés, « américains »),
- les congélateurs seuls (armoires ou coffres).

La méthode de calcul générale est appliquée (Figure II-1).

Dans ce domaine, la charge est caractérisée par la donnée :

- d'un ratio de charge volumique dépendant du fluide utilisé
- et d'un volume moyen des appareils par type.

Etant donné que la technologie de ce type d'appareil n'évolue pas, les ratios de charges et volumes moyens sont considérés constants au cours du temps.

Une courbe de durée de vie basée sur la durée de vie moyenne est utilisée pour le calcul. Elle est associée aux équipements par année de mise sur le marché mais, pour le moment, elle ne varie pas au cours du temps.

Le calcul de la banque s'appuie alors sur :

- la donnée des marchés d'équipements (importations incluses) ;
- l'estimation des parts de marchés des fluides sur le marché neuf des équipements (répartition massique);

Les émissions sont calculées en considérant que:

- le niveau des émissions à la charge est constant, égal à 5% de la charge;
- le taux d'émissions fugitives est équivalent au taux de panne des appareils, les systèmes étant hermétiques et la maintenance quasiment nulle en France,
- l'efficacité de récupération de la filière de recyclage des appareils en fin de vie.

Le calcul de la demande est décomposé en celui de :

- la demande pour les équipements neufs correspondant aux quantités chargées dans les équipements produits en France puisque ces équipements sont chargés d'usine ; mais cette production est nulle en France depuis 2005.
- la demande pour la maintenance des équipements composant le parc français, basée sur la banque calculée et la connaissance du niveau d'émissions fugitives, donc très faible dans ce secteur.

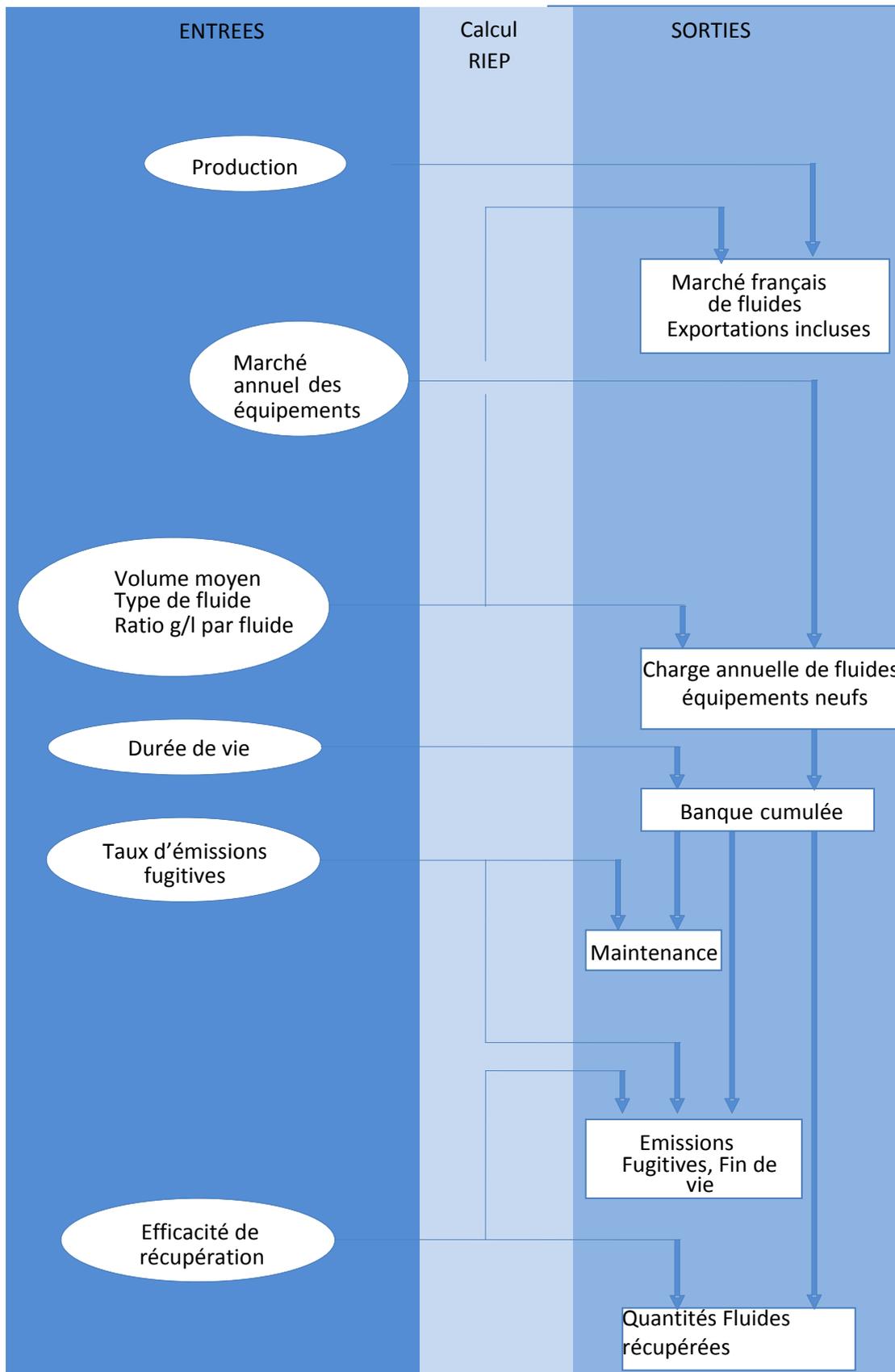


Figure IV-1 - Organigramme de la méthode de calcul utilisée pour le froid domestique

## IV.2 - Le froid domestique en France en 2012

### IV.2.1 - Contexte

Dans le cadre de la révision de la réglementation 842/2006, le secteur du froid domestique est concerné par une interdiction potentielle de l'utilisation des HFC de GWP supérieur à 150 à partir du 1er Janvier 2015.

En France, cette mesure ne devrait pas poser de problème pour ce secteur qui est fortement utilisateur d'hydrocarbures (R-600a) depuis plusieurs années.

### IV.2.2 - La production

Le froid domestique est un secteur dont la production a cessé en France en 2005, la production française des réfrigérateurs et congélateurs est donc nulle.

### IV.2.3 - Les ventes

Les ventes des appareils de froid domestique sont fournies par le GIFAM (Groupement Interprofessionnel des Fabricants d'Appareils d'Équipement Ménager) [GIF13] qui donne une estimation des mises sur le marché des équipements en fonction des déclarations de ses adhérents, lesquels sont représentatifs d'environ 90 % du marché français.

Le marché des réfrigérateurs est en retrait de 1,4 % en 2012 par rapport à 2011. Il est dominé par les combinés à 34 % et les 2 portes à 26 %. La part des réfrigérateurs américains stagne à 6 %.

Le marché des congélateurs est également en baisse, de 3,4 % en 2012. Il est dominé par les congélateurs de type armoire à 59 %.

Tableau IV-1 – Ventes des constructeurs aux réseaux de distribution [GIF13]

Marchés équipements neufs	2010	2011	2012	2011/2012
Réfrigérateurs	2 550 000	2 572 000	2 535 000	- 1,4%
Congélateurs	735 000	724 000	690 000	- 3,4 %

Les statistiques du Tableau IV-1 sont celles publiées par le GIFAM et tiennent compte des ventes aux territoires des DOM COM. La part relative à la métropole est estimée en fonction des populations et représente environ 96 % des ventes.

Selon une étude INSEE et TNS Sofres publiée par le Gifam 99,2 % des ménages français sont équipés de réfrigérateurs en 2012 et 60,6 % en congélateurs. Le niveau semble stagner pour les congélateurs dont le taux d'équipement était évalué à 62% des ménages en 2005.

### IV.2.4 - Les fluides utilisés

Deux fluides sont actuellement utilisés sur le marché neuf de ce secteur : le HFC-134a et le HC-600a, de plus en plus présent. Cette année, l'enquête de terrain permettant d'estimer les parts des fluides dans les équipements mis sur le marché a montré que:

- 97 % des réfrigérateurs testés fonctionnaient avec du R-600a et 3 % avec du R-134a
- la totalité des congélateurs utilisaient du R-600a, ce qui est le cas depuis 2010.

### IV.2.5 - Evaluation de la charge

Dans le secteur du froid domestique, la charge moyenne des appareils est considérée constante. L'enquête annuelle permet seulement de vérifier que cette hypothèse est cohérente, la charge moyenne étant le produit du ratio de charge et du volume moyen. Les ratios de charges volumiques ont été établis à partir d'une enquête statistique [ENQ01] pour le R-12, le R-134a et le R-600a, et sont rappelés au Tableau IV-2.

Tableau IV-2 – Caractéristiques des équipements de froid domestique pris en compte dans le calcul

	Ratios de charge (g/l)			Volume moyen (l)
	R-12	R-134a	R-600a	
Réfrigérateurs	0,57	0,55	0,2	230
Congélateurs	0,67	0,67	0,3	202

### IV.2.6 - La durée de vie

La durée de vie moyenne des réfrigérateurs est supposée identique à celle des congélateurs, estimée à 15 ans. La courbe de durée de vie utilisée dans le calcul est basée sur cette valeur moyenne (Figure IV-2) ; elle permet de répartir sur 10 ans la fin de vie d'un millésime d'équipements.

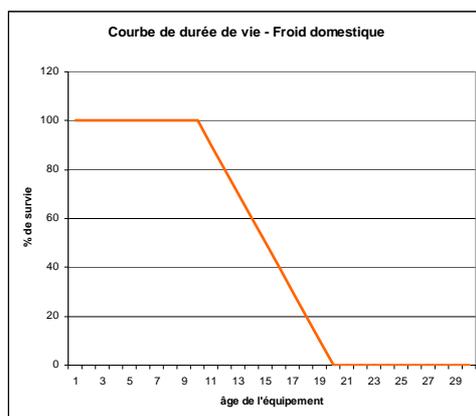


Figure IV-2 – Courbe de durée de vie des équipements de froid domestique

### IV.2.7 - Niveau d'émissions fugitives

Les appareils de froid domestique sont très étanches, le circuit frigorifique étant simple et entièrement soudé. Les émissions fugitives sont donc quasi-inexistantes et constituées de très rares opérations de maintenance correspondant généralement à un défaut initial de brasure. Le taux d'émissions fugitives est donc assimilé à la fréquence de défaillance des équipements : il est considéré stable, de l'ordre de 0,01 % correspondant à 1 défaillance sur 10 000 appareils. Lors de la revue d'inventaires de Septembre 2013, les experts ont souligné que ce taux était bas par rapport aux hypothèses prises dans la majorité des pays européens, considérant un taux de 0,1 %. Un complément d'enquête pourra être effectué auprès des fabricants et services après-vente afin de mettre à jour ce taux de panne.

### IV.2.8 - L'efficacité de récupération en fin de vie des équipements

Ce secteur est marqué par la mise en place de la filière DEEE depuis 2007 imposée par la réglementation [DEC05]. Quatre éco-organismes assurent la collecte, le recyclage et le suivi des quantités récupérées. Les fluides frigorigènes ne constituent qu'une infime partie de l'appareil de

froid domestique. Le suivi des quantités de fluides frigorigènes récupérées s'améliore mais les bilans DEEE de l'ADEME font apparaître des quantités régulièrement réévaluées. Il semble que le processus de suivi et de reporting par les différents organismes ne soit pas encore tout à fait homogène. Dans l'attente de la parution du bilan annuel 2012, l'ADEME a communiqué au CES les résultats provisoires 2012 [FAN13] des quantités cumulées de CFC, HCFC, HFC et HC extraits en première phase de dépollution des appareils de froid domestique. Les éléments sont récapitulés depuis 2007 au Tableau IV-3.

Tableau IV-3 – Quantités annuelles de CFC, HCFC, HFC et HC extraits en première phase de dépollution des appareils de froid domestique déclarées par l'ADEME

Quantités récupérées (t)	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Valeurs DEEE	137	235	151	103	124	122

L'efficacité de récupération en fin de vie des équipements de froid domestique est estimée en comparant les quantités calculées de fluides frigorigènes contenues dans les réfrigérateurs et congélateurs arrivant en fin de vie aux quantités récupérées déclarées dans le bilan annuel de la filière DEEE publié par l'ADEME. Les valeurs calculées sont présentées au Tableau IV-4. On observe pour la première année, depuis la mise en place de la filière, une stagnation des quantités récupérées.

Tableau IV-4 - Efficacité de récupération

Année	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
Efficacité de récupération	2,2 %	2,5 %	5 %	15 %	26 %	26 %	36 %	35 %

## IV.3 - Résultats Froid domestique Inventaires métropole 2012

### IV.3.1. La banque

Du fait de l'augmentation de la part de marché des appareils de froid domestique fonctionnant avec du R-600a, dont le ratio de charge est plus faible, la banque totale de fluides frigorigènes est en décroissance (Figure IV-3), d'environ 5 % par an ; elle est estimée à 3 060 t en 2012. Pour la première année, le R-600a devient majoritaire à 51 % (Tableau IV-5). La banque de R-12 est quasiment éradiquée et ne représente plus que 1 % de la banque 2012.

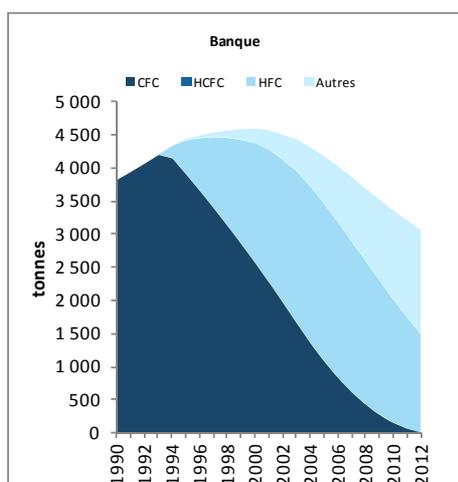


Figure IV-3 – Evolution de la banque de fluides frigorigènes en froid domestique

Tableau IV-5 – Banque 2012 en Froid Domestique

CFC	R-12	18	18
	R-22	0	
HCFC	R-408A	0	0
	R-401A	0	
HFC	R-134a	1 470	1 470
	R-404A	0	
	R-407C	0	
	R-410A	0	
	R-507	0	
	R-417A	0	
	R-422A	0	
	R-422D	0	
	R-427A	0	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
	R-1234yf	0	
Autres	R-290	0	1 577
	R-600a	1 577	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			3 065

### IV.3.2. La demande

La demande est constituée des faibles quantités nécessaires à la maintenance des équipements (300 kg), la demande pour les équipements neufs étant nulle puisque la production d'équipements de froid domestique s'est arrêtée en France en 2005.

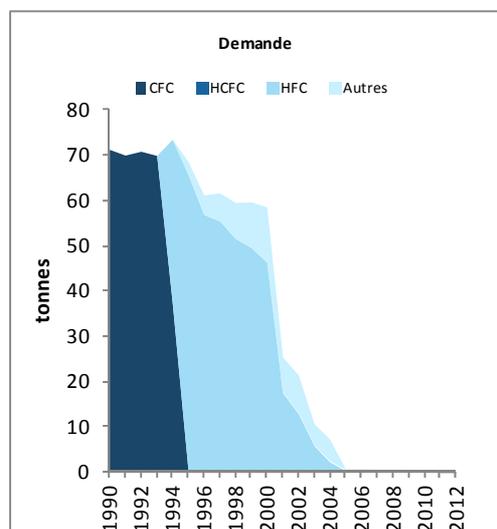


Figure IV-4 - Evolution de la demande totale de fluides frigorigènes en froid domestique

Tableau IV-6 - Demande pour la maintenance 2012 – Froid domestique

CFC	R-12	0,0	0,0
HCFC	R-22	0,0	0,0
	R-408A	0,0	
	R-401A	0,0	
HFC	R-134a	0,2	0,16
	R-404A	0,0	
	R-407C	0,0	
	R-410A	0,0	
	R-507	0,0	
	R-417A	0,0	
	R-422A	0,0	
	R-422D	0,0	
	R-427A	0,0	
	R-407A	0,0	
	R-407F	0,0	
	R-1234yf	0,0	
Autres	R-290	0,0	0,17
	R-600a	0,2	
	R-717	0,0	
	R-744	0,0	
TOTAL			0,33

### IV.3.3. Les émissions totales

Les émissions totales sont les émissions de fin de vie des équipements, les systèmes étant hermétiques. Elles sont faibles, de l'ordre de 200 tonnes en 2012, étant donnée l'efficacité de la filière DEEE. Avec le renouvellement du parc, le R-12 ne constitue plus que 17 % des émissions totales.

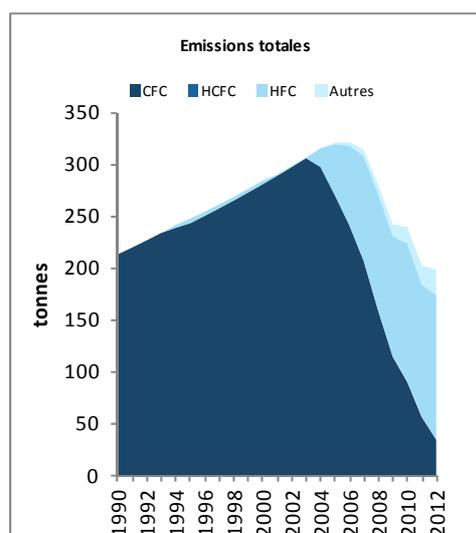


Figure IV-5 - Evolution des émissions totales de fluides frigorigènes du froid domestique

Tableau IV-7 - Emissions totales 2012 – Froid domestique

CFC	R-12	35	35
HCFC	R-22	0	0
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	139	139
	R-404A	0	
	R-407C	0	
	R-410A	0	
	R-507	0	
	R-417A	0	
	R-422A	0	
	R-422D	0	
	R-427A	0	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
	R-1234yf	0	
Autres	R-290	0	24
	R-600a	24	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			199

### IV.3.4. Les émissions en équivalent CO<sub>2</sub>

Bien que la présence du CFC-12 dans les équipements parvenant en fin de vie se réduise, son PRG est tel (8 100) qu'il est encore responsable de 61 % des émissions du froid domestique en équivalent CO<sub>2</sub> en 2012 (Tableau IV-8).

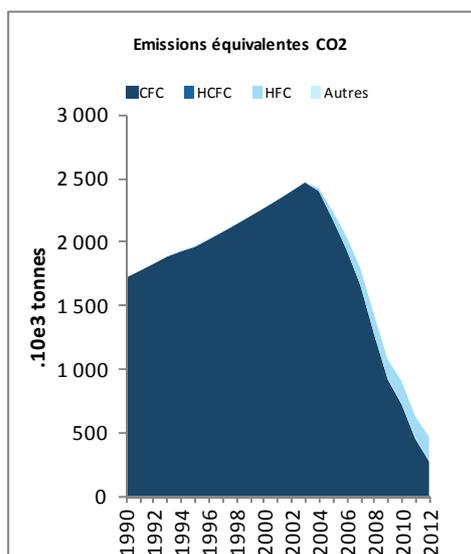


Figure IV-6 - Evolution des émissions totales en éq CO<sub>2</sub> en froid domestique

Tableau IV-8 - Emissions totales en équivalent CO<sub>2</sub> 2012 – Froid domestique

CFC	R-12	285	285
HCFC	R-22	0	0
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	181	181
	R-404A	0	
	R-407C	0	
	R-410A	0	
	R-507	0	
	R-417A	0	
	R-422A	0	
	R-422D	0	
	R-427A	0	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
	R-1234yf	0	
Autres	R-290	0	0
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			467

### IV.3.5. Les quantités récupérées

Les quantités de fluides frigorigènes récupérées en fin de vie des équipements de froid domestique sont en forte augmentation. Elles sont estimées à 107 t et désormais dominées par le R-134a à 70 %.

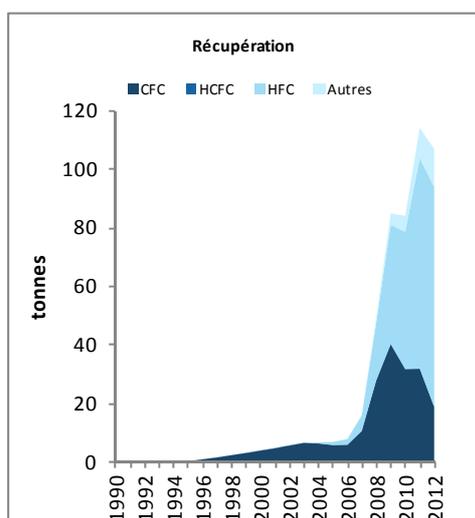


Figure IV-7 - Evolution des quantités récupérées en froid domestique

Tableau IV-9 - Quantités récupérées 2011 – Froid domestique

CFC	R-12	19	19
HCFC	R-22	0	0
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	75	75
	R-404A	0	
	R-407C	0	
	R-410A	0	
	R-507	0	
	R-417A	0	
	R-422A	0	
	R-422D	0	
	R-427A	0	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
	R-1234yf	0	
Autres	R-290	0	13
	R-600a	13	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			107

Si l'hypothèse d'efficacité de récupération est calée sur celle communiquée par la filière DEEE, la répartition des fluides est, elle, donnée par les calculs en fonction des années de mises sur le marché des différents fluides et des durées de vie des équipements données par la courbe de durée de vie. Les résultats de la filière DEEE ne permettent pas encore de distinguer les fluides récupérés et de valider l'estimation donnée au Tableau IV-9.

## V. LE FROID COMMERCIAL

Le secteur du froid commercial est en grande évolution. De nouvelles installations sont mises en place, comme le premier supermarché CO<sub>2</sub> transcritique en France en 2012 [RPF12], de nouveaux fluides sont utilisés, comme le CO<sub>2</sub> et le R-290 dans les meubles réfrigérés et les distributeurs automatiques [AHT13]. De nouveaux systèmes de détection de fuites sont également développés tels que le "DNI" (DéTECTeur de Niveau Intelligent) afin de repérer rapidement les fuites et de limiter les émissions [MAT13].

Parallèlement, en 2012, une position attentiste est observée chez certains détenteurs vis-à-vis du choix des nouvelles installations ou de la mise en place de retrofits d'installations au R-22, à cause de la crainte d'une évolution réglementaire vers une taxe ou une interdiction du R-404A au niveau européen.

### V.1 - Méthode de calcul et hypothèses

#### V.1.1. Structuration du secteur

Le secteur du froid commercial est divisé en quatre sous-secteurs, regroupant les magasins se caractérisant par un même type d'équipements frigorifiques :

- les hypermarchés,
- les supermarchés,
- les groupes de condensation équipant les petits commerces,
- les groupes hermétiques équipant les petits commerces et les distributeurs automatiques.

Les hypermarchés et les supermarchés disposent d'installations centralisées, avec une salle de machines où deux séries de centrales frigorifiques fonctionnent, l'une entre -10 et -15 °C pour la conservation des produits frais et l'autre aux environs de -35 à -38 °C pour les produits surgelés. Il est à noter que 80 % de la puissance frigorifique et 75 % des charges de fluides se trouvent dans les centrales dites de froid positif (-10 à -15 °C).

Les « petits commerces » sont équipés de groupes de condensation ou de groupes intégrés (dits stand-alone). Ils comprennent les commerces alimentaires de détail, du spécialiste alimentaire à la supérette. Du fait de leurs équipements frigorifiques, les bars, hôtels et restaurants, les stations-services ainsi que les stations d'autoroute sont rattachés aux petits commerces. Enfin, les distributeurs automatiques de boissons réfrigérées contenant des petits groupes hermétiques sont également pris en compte. Les maxi-discomptes ont des surfaces de vente réfrigérées nettement inférieures à celles des supermarchés, leurs installations frigorifiques s'apparentent à celles des supérettes.

Un nouveau type de magasins, s'apparentant aux entrepôts, a été pris en compte cette année, son parc devenant significatif. Il s'agit des "Drive" [LSA13]. Il est pris en compte dans un quatrième groupe. Ses caractéristiques de charge ont été données par JCI [PHI13].

Le premier groupe (Tableau V-1) de magasins de type « petit commerce » inclut les supérettes, les maxi-discomptes et les magasins de surgelés, caractérisés par un niveau de charge plus élevé.

Tableau V-1 - Commerces pris en compte dans les sous-secteurs « groupes de condensation des commerces de proximité » et « groupes hermétiques des commerces de proximité »

<b>Groupe 1 Type supérette</b>	<b>Groupe 2 Type petit commerce spécialisé</b>	<b>Groupe 3 Type distributeur automatique</b>	<b>Groupe 4 Drive</b>
Supérettes Maxi-discomptes Surgelés Stations d'autoroute*	Alimentation générale Boulangeries pâtisseries Boucheries charcuteries Primeurs Produits laitiers Stations services Bars, hôtels et restaurants	Distributeurs automatiques Fontaines réfrigérées*	Magasins Drive

\* Ces équipements ne sont plus suivis, faute de statistique disponible

#### **IV.1.2. Résumé de la méthode**

Les installations de froid commercial sont chargées sur site, sauf les armoires et vitrines utilisant des groupes hermétiques, qui sont chargés d'usine. Cependant, faute de données, il est estimé que la production des groupes hermétiques en France est équivalente au marché, lequel est évalué à partir de l'évolution du parc des petits commerces.

Les principes de la méthode de calcul du secteur du froid commercial sont rappelés Figure V-1 pour le cas des super et hypermarchés. Dans le cas des petits commerces, les principes sont les mêmes, sauf que la demande pour les équipements neufs est basée sur l'estimation du nombre de nouveaux magasins au lieu de celle des nouvelles surfaces de vente. Dans les deux cas, l'hypothèse de départ est l'évolution du parc de magasins ; dans le cas des super et hypermarchés, elle est associée à celles des surfaces moyennes ou totales des magasins.

Pour tous les sous-secteurs, le renouvellement des installations est pris en compte en prétraitement, en supposant les équipements renouvelés tous les 15 ans en moyenne.

Les autres hypothèses nécessaires au calcul sont :

- Le ratio de charge (kg/m<sup>2</sup>) pour les super et hypermarchés ou la charge moyenne (kg) pour les petits commerces. La connaissance des nouvelles surfaces de ventes ou nouveaux magasins, associée à la fréquence de renouvellement des équipements et les évolutions du ratio de charge (ou de la charge moyenne) permet d'évaluer la demande pour les équipements neufs et l'évolution de la banque de fluides frigorigènes.
- Les taux d'émissions fugitives sont rapportés à l'ensemble du parc et correspondent aux quantités consommées pour la maintenance des équipements. En fonction de l'évolution de la banque, ils permettent de calculer les émissions fugitives.
- L'efficacité de récupération en fin de vie des équipements est associée aux quantités résiduelles dans les équipements en fin de vie, elle permet d'estimer les émissions en fin de vie des équipements et les quantités de fluides frigorigènes récupérées.
- La courbe de durée de vie par sous-secteur, basée sur la durée de vie moyenne du système permet d'estimer de façon plus réaliste les quantités d'équipements ou de fluides frigorigènes parvenant en fin de vie.

- La répartition annuelle des fluides sur le marché neuf : elle impacte les quantités de fluides frigorigènes mises sur le marché dans les équipements neufs ou renouvelés et permet de connaître la demande par fluide pour les équipements neufs et l'évolution de la banque.
- Les tables de retrofit ou calendriers de renouvellement des fluides permettent de définir, par fluide frigorigène, la part de sa banque convertie vers un autre fluide et de prendre en compte les retrofits ou accélérations des renouvellements des installations n'ayant pas encore atteint leur fin de vie mais dont les fluides utilisés ne permettent pas de satisfaire aux obligations réglementaires. Cette approche ne joue pas sur la durée de vie des équipements qui n'est pas modifiée.

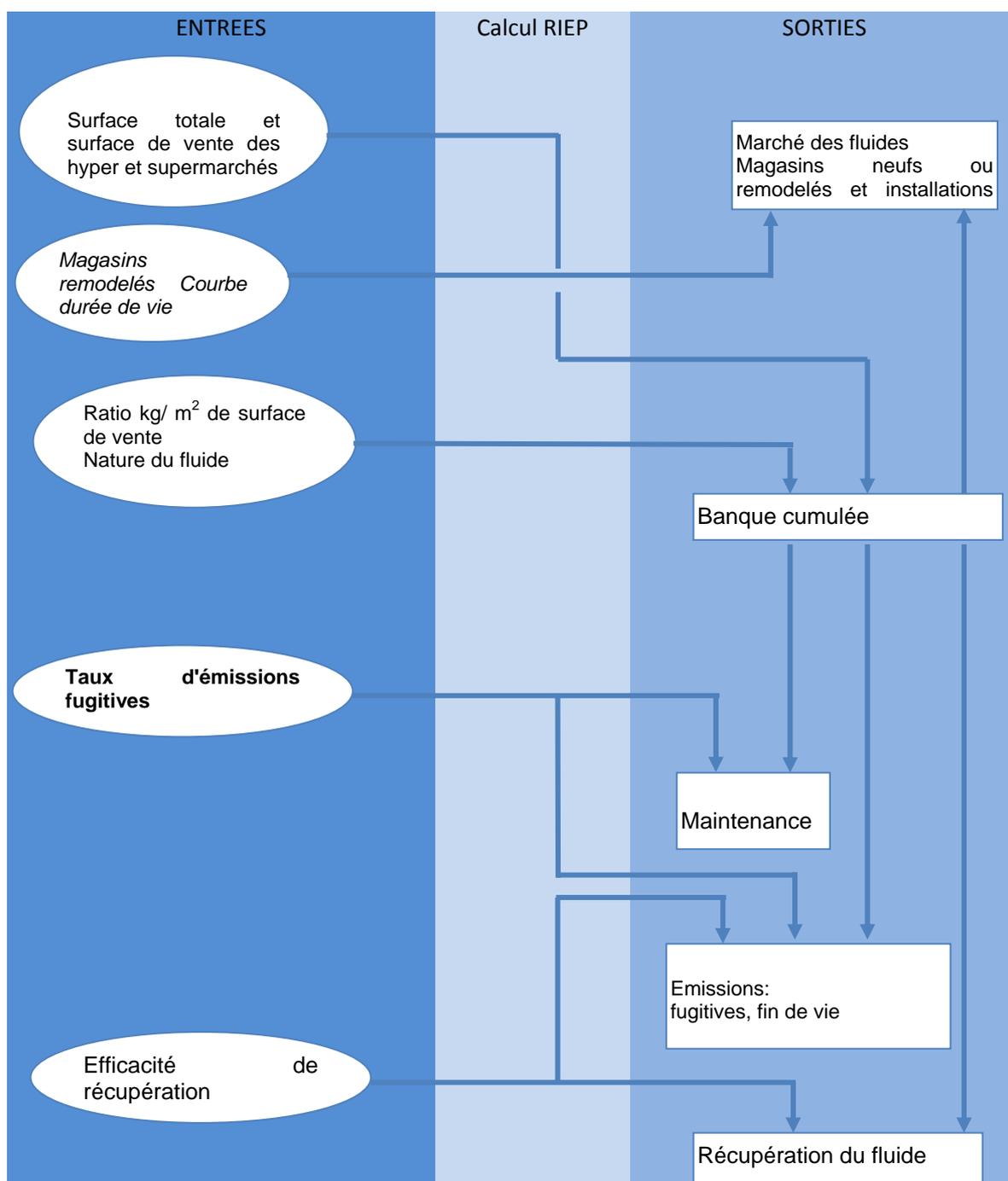


Figure V-1 - Organigramme de la méthode utilisée pour le secteur du froid commercial

## V.2. Le froid commercial en France en 2012

### IV.2.1. Evolution du parc

#### Petits commerces

L'évolution du parc doit être tracée pour estimer chaque année les nouvelles installations liées aux nouveaux magasins, nouvelles surfaces de vente, ou renouvellements. Ces données doivent être connues ou estimées sur un grand nombre d'années, afin de tenir compte de l'ensemble des renouvellements d'installation sur le parc de magasins.

Dans le cas des petits commerces, plusieurs sources de données ont été identifiées : l'INSEE et sa Base Permanente des Equipements [INS13], la CGAD (Confédération Générale de l'Alimentation en Détail) [CGA12] et ses rapports de branche, LSA et l'Atlas de la distribution [LSA11], l'OPC (Observatoire Prospectif du Commerce) [OPC12], notamment.

Pour les Drive, les données fournies pour Insight Drive [DRI13] et LSA [LSA13] ont été utilisées pour reconstituer l'évolution du parc depuis 2004, date d'ouverture du premier drive en France.

Selon la CGAD [CGA12], le nombre d'entreprises d'alimentation s'élève à 298 687 entreprises aux activités variées en 2011, dont les secteurs de l'artisanat et du commerce alimentaire de proximité rassemblent 47 %, soit 139 997 entreprises. Faute de données plus détaillées par type de petit commerce, ce chiffre est utilisé pour traduire l'évolution du parc de commerces de type 2. Celui-ci étant en décroissance, le marché d'équipements est un marché de renouvellement.

Selon LSA, le parc de supérettes en France est de 5 500 magasins au 01/09/12 et les magasins de surgelés sont au nombre de 1 042. Pour les maxi-discomptes, le parc 2012 est estimé à 4 700 magasins, selon l'étude Nielsen publiée sur Themavision [NIE13].

L'évolution du parc, associée à une hypothèse de renouvellement des équipements tous les 15 ans permet d'estimer les marchés d'équipements en 2012 (Tableau V-2).

Un ordre de grandeur du parc de distributeurs automatiques réfrigérés est publié en 2012 sur le site de la NAVSA (chambre syndicale Nationale de Vente et Services Automatiques) [NAV12] qui, jusqu'en 2003, suivait régulièrement l'évolution de ce parc. Il est estimé à 637 000 distributeurs automatiques, dont 30 % pour les boissons conditionnées et produits alimentaires. Le marché a été ré-estimé sur l'historique, les dernières données précises datant de 2003.

Tableau V-2 – Marchés d'équipements pour les petits commerces en 2012

2012	Groupe 1 Type supérette	Groupe 2 Type petit commerce spécialisé	Groupe 3 Type distributeur automatique	Groupe 4 "Drive"
Nombre de nouveaux équipements (renouvellement inclus)	650	22 400	14 800	540

#### Supermarchés et hypermarchés

Dans le cas des super et hypermarchés, le calcul nécessite de connaître les nouvelles surfaces de vente. Jusqu'en 2009, l'INSEE publiait les valeurs exactes. Depuis 2010, différentes sources sont utilisées afin de reconstituer les nouvelles surfaces de vente, connaissant l'évolution du parc. Une incertitude est attribuable aux surfaces car les données disponibles concernent généralement les surfaces moyennes des magasins sur le parc et non les surfaces moyennes des nouveaux magasins.

Afin de prendre en compte les parcs de supermarchés et hypermarchés au 31/12, les chiffres des études Nielsen publiés par Themavision ([NIE13], [NIE12]) ont été utilisés pour la mise à jour 2012 et pour corriger l'estimation 2011 qui était basée sur les chiffres LSA établis au 01/09.

Tableau V-3 – Nouvelles surfaces de ventes en hypermarchés en France de 2009 à 2012

PARC HYPERMARCHES	2009	2010	2011	2012
Nombre de magasins	1526	1 748	1 894	1 968
Surface moyenne par magasin (m <sup>2</sup> )	5 561	5 527	5 416	5 400
Nouvelles surfaces de vente (m <sup>2</sup> )	<b>355 079</b>	<b>1 158 066</b>	<b>582 724*</b>	<b>369 296*</b>

\* valeurs calculées à partir des surfaces moyennes sur le parc

Tableau V-4 – Evolution du nombre de supermarchés en France de 2009 à 2012

PARC SUPERMARCHES	2009	2010	2011	2012
Nombre de magasins	5 437	5 381	5 679	5 702
Surface moyenne par magasin (m <sup>2</sup> )	1 284	1 288	1 304	1 320
Nouvelles surfaces de vente (m <sup>2</sup> )	18 570	0	474 688	122 357

\* valeurs calculées à partir des surfaces moyennes sur le parc

### V.2.3. Hypothèses concernant les fluides utilisés et les structures d'installations

Selon Perifem [PER13], parmi les nouvelles technologies adaptées au froid commercial centralisé, on dénombre, à fin 2012, 3 installations CO<sub>2</sub> transcritique et plus de 400 installations de type cascade (Figure V-3) CO<sub>2</sub>/R-134a détente directe en France. Quelques dizaines d'installations utilisent une boucle indirecte R-134a/eau glycolée en cascade avec le CO<sub>2</sub> (Figure V-2). Ce bilan traduit bien le résultat d'enquête.

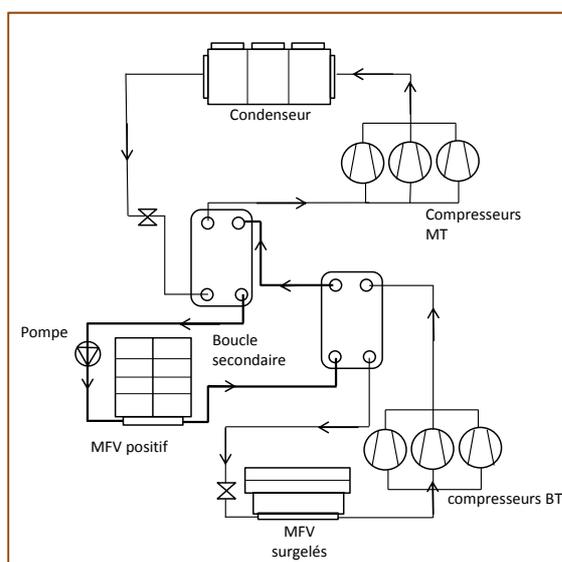


Figure V-2 Installation en détente directe à la basse température et en boucle indirecte en froid moyenne température

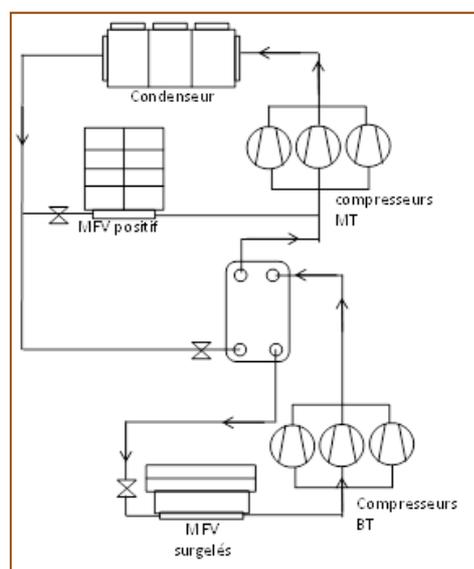


Figure V-3 Installation en cascade

### En hypermarchés

Chez Auchan [GRO12], les installations neuves privilégient les systèmes de type cascade CO<sub>2</sub>/HFC avec ou sans boucle secondaire sur les HFC, les HFC utilisés en 2012 étant le R-404A et le R-134a. Ces tendances sont confirmées par JCI [PHI13] selon qui la fin 2011 marque l'arrêt de l'utilisation du R-404A en détente directe et les systèmes les plus courants deviennent les cascades CO<sub>2</sub>/R-134a. Les hypothèses prises pour le calcul sont récapitulées au Tableau V-5.

Concernant les renouvellements des installations aux HCFC, le retrofit du R-22 par du R-404A reste la solution la moins coûteuse puisqu'on peut changer le fluide sans modifier l'installation et tout en conservant une puissance frigorifique quasi équivalente. Les fluides de remplacement (R-422D et autres) sont aussi utilisés dans cette configuration mais en froid négatif ils impliquent une perte de puissance frigorifique. De plus, étant donné la révision de la réglementation européenne 842/2006/CE en cours, les fluides de GWP supérieur à 2 500 (cas du R-422A et R-422D) ont tendance à être écartés. On note ainsi, l'apparition du R-407F et du R-407A, à GWP plus faibles, en propositions de remplacement du R-22 comme du R-404A. Les hypothèses prises pour la conversion de la banque de R-22 sont présentées au Tableau V-6.

Tableau V-5 – Fluides sur le marché neuf en hypermarchés

Nouvelles installations hypermarchés	R-404A/ R-507	R-134a	R-410A	R-407C	CO <sub>2</sub>	R-717
2010	83 %	8 %	3 %	0 %	5 %	1 %
2011	82 %	10 %	2 %	0 %	5 %	1 %
2012	24 %	40 %	0 %	0 %	35 %	1 %

Tableau V-6 – Fluides utilisés pour les conversions d'installations au R-22 en hypermarchés

Conversions installations R-22 hypermarchés	Part de la banque de R-22 retrofitée	Vers du R-404A	Vers des fluides de remplacement	Vers du R-407A ou R-407F	Renouvellement vers du R-134a	Renouvellement vers du R-410A
2011	20 %	6 %	8 %	-	4 %	2 %
2012	20 %	8 %	4 %	5 %	2 %	1 %

## En supermarchés

La tendance des installations centralisées des supermarchés se distingue de celles des hypermarchés par les points suivants :

- les fluides de remplacement sont davantage utilisés, avec l'apparition du R-407A et R-407F en 2012,
- pour les petites surfaces, depuis 2009, les systèmes directs au R-134a sont de plus en plus utilisés
- les systèmes cascade CO<sub>2</sub> sont moins utilisés

La prise en compte de ces éléments est présentée dans les hypothèses utilisées pour les calculs présentés Tableau V-7 et Tableau V-8.

Tableau V-7 – Fluides sur le marché neuf en supermarchés

Nouvelles installations supermarchés	R-404A	R-134a	R-410A	CO <sub>2</sub>
2010	87 %	12 %	1 %	0 %
2011	78 %	20 %	1 %	1 %
2012	40 %	40 %	0 %	20 %

Tableau V-8 – Fluides utilisés pour les conversions d'installations au R-22 en supermarchés

Conversions installations R-22 supermarchés	Part de la banque de R-22 retrofitée	Vers du R-404A	Renouvellement vers du R-134a	vers fluides de remplacement	Vers du R-407A ou R-407F
2011	20 %	6 %	4 %	10 %	-
2012	20 %	8 %	2 %	5 %	5 %

## En commerces de proximité

Dans les équipements des petits commerces, le CO<sub>2</sub> et les hydrocarbures ont déjà été introduits sur le marché: 800 000 distributeurs automatiques réfrigérés Coca-Cola fonctionnent actuellement dans le monde avec du CO<sub>2</sub> ou des hydrocarbures [CLO12], AHT a mis sur le marché 9 000 meubles et 15 000 distributeurs de crème glacée contenant du R-290.

Dans les GROUPES HERMETIQUES:

- les congélateurs et distributeurs de glace utilisent le R-600a, le R-290 ou le R-134a pour les faibles puissances frigorifiques, le R-404A pour les plus grandes;
- dans les distributeurs automatiques, le R-290 et le CO<sub>2</sub> commencent à être significativement utilisés dans les équipements neufs;
- les vitrines réfrigérées utilisent des hydrocarbures, en général R-290 pour des charges inférieures à 1kg (petites puissances) et du R-134a ou R-404A pour les charges allant jusqu'à 2 kg.

Dans les GROUPES DE CONDENSATION

Le R-134a et R-404A sont principalement utilisés. Il existe quelques nouvelles offres d'équipements aux hydrocarbures et au CO<sub>2</sub>.

En France métropole, en 2012, il est considéré les hypothèses présentées au Tableau V-8.

Tableau V-9 Fluides utilisés dans les équipements des petits commerces en 2012

Nouveaux équipements 2012	R-404A	R-134a	R-290	R-600a	CO <sub>2</sub>
Groupes hermétiques	45%	45 %	5 %	5 %	-
Groupes hermétiques des distributeurs automatiques	-	90 %	8 %	-	2 %
Groupes de condensation	70 %	30 %	-	-	-

### V.2.4. Courbes de durée de vie

En froid commercial, la durée de vie de l'équipement est estimée en moyenne à 15 ans. Indépendamment de la durée de vie des magasins, cette valeur tient compte de la fréquence moyenne de renouvellement. La courbe de durée de vie présentée Figure V-4 est basée sur cette valeur moyenne et permet de prendre en compte des variations de durée de vie des équipements au sein du parc, de 10 à 20 ans.

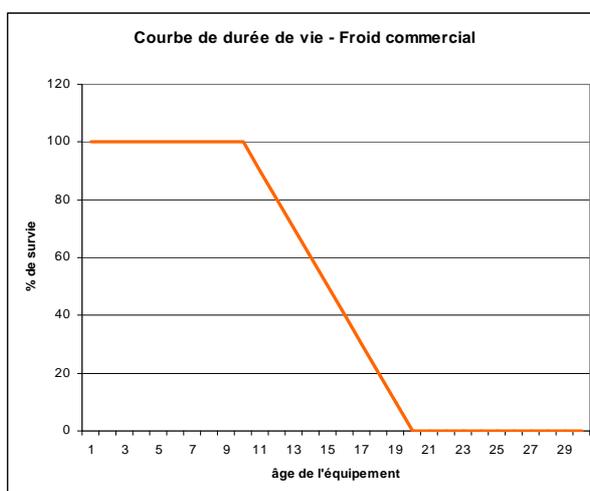


Figure V-4 – Courbe de durée de vie des équipements de froid commercial

### V.2.5. Ratios de charge

Dans cette édition 2012 des inventaires, un nouveau type de magasins, les "Drive", ont été pris en compte.

La charge moyenne a été établie en fonction des données fournies par JCI [PHI13], définissant une installation type à des puissances installées de 60 kW en froid positif et 20 kW en froid négatif. En considérant, comme en supermarchés, des ratios de 2 kg/kW de HFC en froid positif et de 4 en négatif, la charge moyenne est évaluée à 200 kg.

Pour les installations de froid centralisé, la charge est estimée en fonction d'un ratio rapporté à la surface du magasin. Les premiers ratios ont été établis par enquêtes sur plusieurs magasins, lors des premières études d'inventaires et ont montré que, dans les années 2000, le niveau était en moyenne de :

- 0,27 kg/m<sup>2</sup> en hypermarché
- 0,29 kg/m<sup>2</sup> en supermarché

Depuis le début de l'introduction des systèmes indirects et en cascade, la tendance de ce ratio est décroissante. En 2012 les systèmes en cascade et indirects représentent 80 % des installations neuves. La tendance appliquée aboutit aux ratios donnés au Tableau V-10.

Tableau V-10 – Correction des ratios de charge surfaciques en super et hypermarchés

	Supermarchés	Hypermarchés
2000	0,29	0,27
2008	0,23	0,19
<b>2012</b>	<b>0,2</b>	<b>0,14</b>

Pour les commerces de proximité, la charge moyenne par type de magasin est décomposée en deux valeurs, celle présente dans les groupes de condensation d'une part et dans les groupes hermétiques d'autre part. L'enquête de terrain 2012 en petits commerces avait montré une tendance nette à la réduction des charges, notamment pour les groupes de condensation équipant les supérettes dont la charge moyenne était réduite de 129 kg en 2000 à 20 kg en 2011. Le niveau est maintenu en 2012.

Tableau V-11 – Charges moyennes des systèmes frigorifiques des commerces de proximité en 2012

Charge (kg)	Groupe 1 (type supérettes)	Groupe 2 (petits commerces spécialisés)	Groupe 3 (distributeurs automatiques)	Groupe 4 (Drive)
Groupes hermétiques	2,8	1,4	0,3	0
Groupes de condensation	<b>20</b>	3,5	0	200

### V.2.6. Taux d'émissions

#### Supermarchés et hypermarchés

Dans le cadre de l'étude d'inventaires 2012, une chaîne de supermarchés nous a communiqué les charges installées par type de fluide frigorigène par magasins ainsi que les consommations de 40 de ses magasins sur 2011 et 2012.

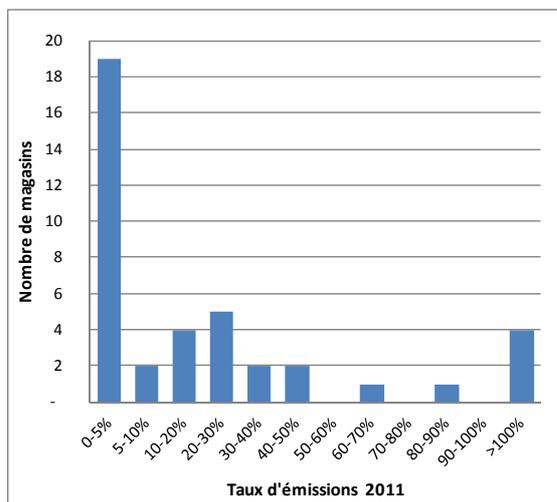


Figure V-5 Répartition par niveau de taux d'émissions des 40 magasins du panel en 2011

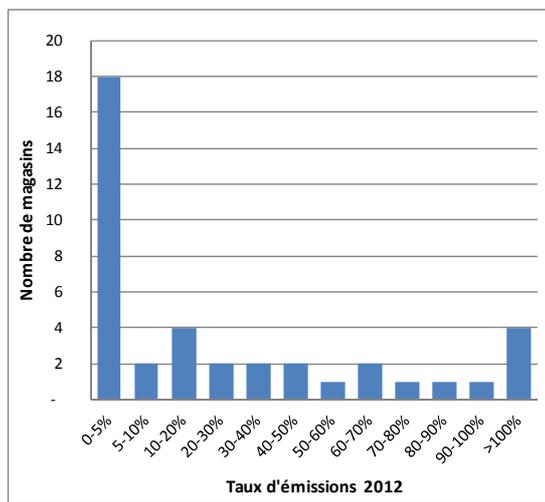


Figure V-6 Répartition par niveau de taux d'émissions des 40 magasins du panel en 2012

L'étude de ces données montre que:

- La banque est composée à 98 % de R-404A et à 2 % de R-422D.
- Les taux d'émissions varient entre 0 et 183 % en 2011 (Figure V-5), 0 et 223 % en 2012 (Figure V-6)
- La moitié du panel a un taux d'émissions inférieur à 10 %
- Cependant, les taux d'émissions moyens établis sur l'ensemble de la banque du groupe sont élevés, pénalisés par quelques magasins: de 35 % en 2011 et 44 % en 2012.

L'enquête auprès des hypermarchés n'a donné de résultats positifs qu'avec la chaîne Auchan qui effectue un suivi régulier de son parc d'installations et accepte d'en communiquer les résultats [GRO12]. Les 85 magasins ayant fourni une réponse détaillée font apparaître une banque composée à 88 % de R-404A, 7 % de R-22, 3 % de R-134a et 2 % de R-410A. Les nouvelles installations utilisent le R-404A ou le R-134a en système indirect pour le froid positif et le CO<sub>2</sub> en froid négatif. Les consommations de fluides frigorigènes pour la maintenance des installations ont été communiquées par 25 magasins. Rapportées à la charge installée elles permettent d'évaluer le taux d'émissions pour 2011 et 2012.

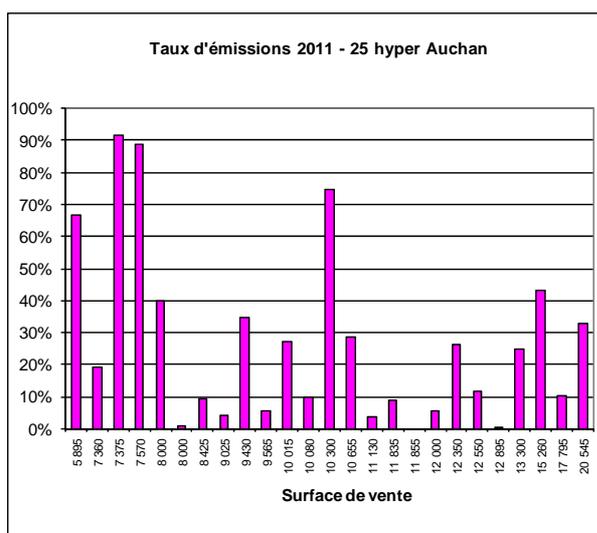


Figure V-7 Résultats en taux d'émissions des hypermarchés sur un panel de 25 magasins Auchan pour 2011

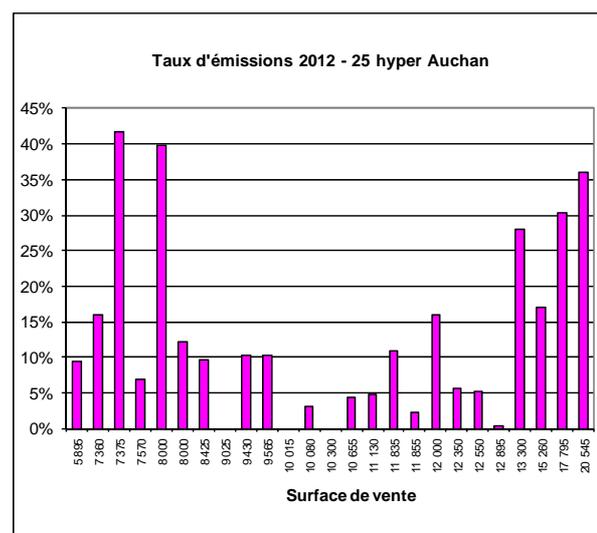


Figure V-8 Résultats en taux d'émissions des hypermarchés sur un panel de 25 magasins Auchan pour 2012

Sur ce groupe d'hypermarchés, une nette amélioration est observée entre 2011 et 2012 avec:

- une baisse du niveau d'émission moyen de 25 % à 10 %
- une baisse du niveau maximum d'émission par magasin de 92 à 42 %

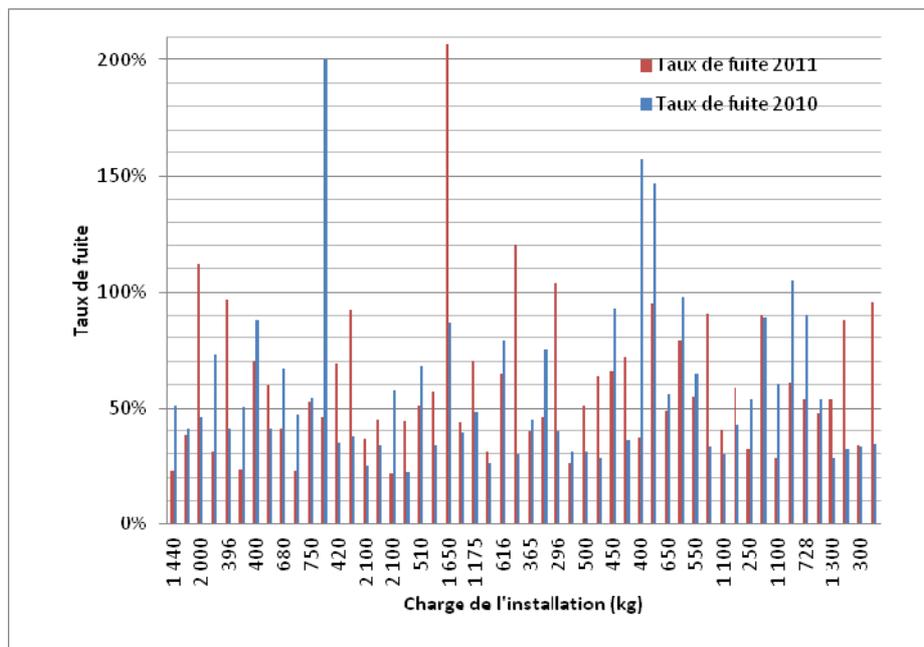


Figure V-9 Taux d'émissions 2010 et 2011 des installations contrôlées

Par ailleurs, le Ministère de l'Ecologie a constaté, sur 52 magasins contrôlés en 2010 et 2011, des taux d'émissions élevés, variant de 22 à 200 % en 2010 et de 21 à 207 % en 2011 (Figure V-9 ) et un taux moyen de 50 % d'émissions en 2011.

Dans ces trois panels, l'âge des installations n'a pu être recensé, ce qui ne permet pas de conclure si les nouvelles installations ont un taux de fuite moindre. Sur l'ensemble des magasins on note une grande disparité de niveau d'émissions. Les résultats des Figure V-6 et Figure V-9 tendent à montrer que les chaînes ne communiquant pas volontairement leurs niveaux d'émissions ont des taux plus élevés que ce qui avait été pris en compte jusqu'à présent. A la suite de cette constatation et des écarts observés avec le marché de R-404A reconstitué, les résultats de l'étude paramétrique (III.2.1- Etude paramétrique de l'impact du taux d'émissions sur l'estimation du marché de R-404A page 26) ont conforté cette hypothèse et les taux d'émissions des supermarchés et hypermarchés ont été corrigés tel que présenté au tableau suivant, en considérant un niveau constant depuis 1990.

Tableau V-12 Correction taux d'émissions des installations centralisées de froid commercial

Taux d'émissions	Supermarchés	Hypermarchés
Inventaires 2011	Décroissance de 30 % en 1990 à 20 % en 2011	Décroissance de 35 % en 1990 à 26 % en 2011
Correction inventaires 2012	Constant à <b>30 % de 1990 à 2012</b>	Constant à <b>35 % de 1990 à 2012</b>

### Commerces de proximité

Les hypothèses de taux d'émissions pour 2012 sont présentées au Tableau V-13. Comme pour le froid centralisé, les groupes de condensation étant fortement utilisateurs de R-404A, leur taux d'émission a été corrigé et maintenu au niveau de 1990, à 15 %, à la suite de l'étude paramétrique d'impact des taux d'émissions des équipements utilisant les R-404A sur l'écart entre le marché déclaré et la demande reconstituée.

Tableau V-13 – Taux d'émissions fugitives prises en compte dans le calcul 2012

Commerces de proximité	Taux d'émissions fonction de la charge nominale
Groupes hermétiques	1 %
Groupes de condensation	15 %

### V.2.7. Efficacité de récupération

Une efficacité de récupération de 80 % est considérée depuis plusieurs années pour les installations centralisées en fin de vie, traduisant l'intervention de sociétés certifiées au fait des obligations réglementaires. Ce taux de 80 % est maintenu de façon à prendre en compte le fait que l'opération de récupération de la charge totale des centrales frigorifiques impose un temps d'arrêt de fonctionnement du magasin qui est parfois limité par la direction du magasin.

Dans le cas des équipements des petits commerces, l'entretien n'est pas toujours assuré. Etant donné la taille du parc d'installations, il est difficile d'évaluer au niveau national le niveau de récupération. Cependant, étant donné que les bilans DEEE notamment font apparaître des petits équipements de froid commercial dans les installations traitées en fin de vie, un début de récupération est pris en compte pour les groupes hermétiques ; il est plus avancé pour les groupes de condensation dont l'installation et la mise au rebut nécessite l'intervention d'un professionnel. Les courbes « en S » d'évolution de ce paramètre sont maintenues et les valeurs prises en compte sont présentées au Tableau V-14.

Tableau V-14 – Efficacités de récupération prises en compte dans le calcul

2012	Hypermarchés et supermarchés	Groupes de condensation	Groupes hermétiques
Taux de récupération fonction de la charge restante	80 %	35 %	5 %

## V.3 - Résultats Froid commercial Inventaires 2012 France métropole

### V.3.1 – La banque

La banque de froid commercial se trouve augmentée du secteur des Drive qui n'avait pas été pris en compte jusqu'à présent. Elle est par ailleurs en croissance de 2 % par rapport à 2011.

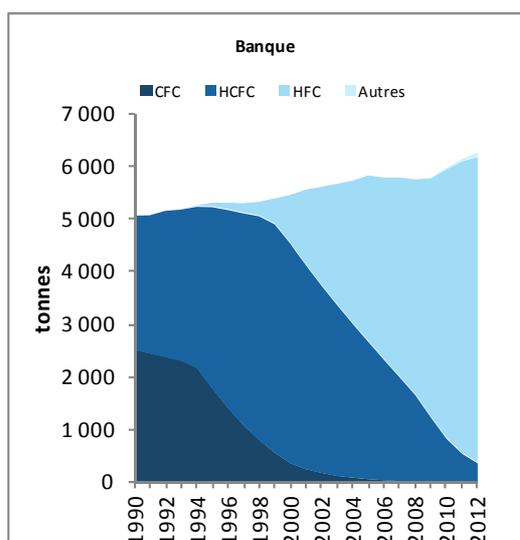


Figure V-10 - Evolution de la banque de fluides frigorigènes de froid commercial

Tableau V-15 - Banque 2012 – Froid commercial

CFC	R-12	1	1
HCFC	R-22	228	376
	R-408A	104	
	R-401A	44	
HFC	R-134a	810	5 809
	R-404A	4 465	
	R-407C	6	
	R-410A	23	
	R-507	385	
	R-417A	7	
	R-422A	20	
	R-422D	63	
	R-427A	19	
	R-407A	2	
	R-407F	9	
	R-1234yf	0	
Autres	R-290	3	64
	R-600a	2	
	R-717	5	
	R-744	55	
TOTAL			6 250

Les retrofits d'installations conduisent à une réduction de la banque de HCFC de 35 % pour ne plus constituer qu'environ 400 t en 2012.

La banque de froid commercial est largement dominée par le R-404A, à 70 % mais la banque de R-134a a une croissance beaucoup plus forte, de l'ordre de 12 % par rapport à 2011 (contre 5 % pour le R-404A).

### V.3.2 – La demande

La demande totale en fluides frigorigènes est estimée à plus de 1 700 t pour 2011, dominée à 70 % par le R-404A (Tableau V-16). La correction apportée aux petits commerces réduit, comme pour la banque, le niveau de la demande totale 2010 d'environ 18 %.

L'évolution corrigée de la demande totale de fluides frigorigènes nécessaire au froid commercial est présentée Figure V-11. Le « pic » observé en 2010 s'explique par une forte demande pour les hypermarchés en 2010 : croissance des nouvelles surfaces de ventes, associée à une forte demande pour le retrofit des installations aux HCFC.

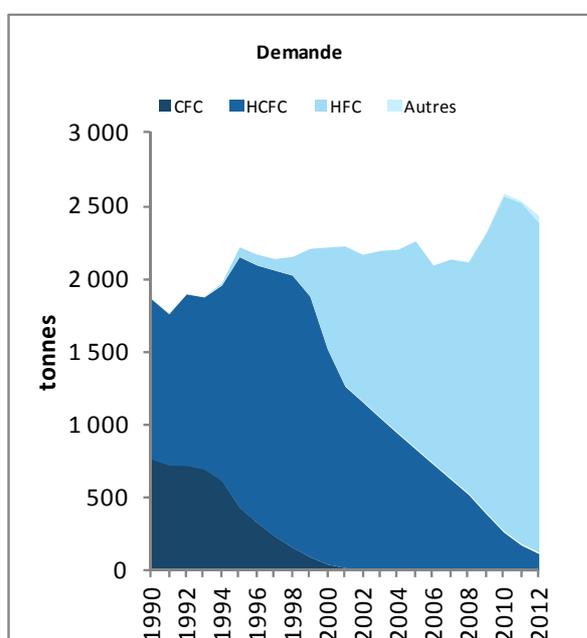


Figure V-11 – Evolution de la demande totale de fluides frigorigènes en froid commercial

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	66	117
	R-408A	40	
	R-401A	12	
HFC	R-134a	272	2 263
	R-404A	1 787	
	R-407C	2	
	R-410A	10	
	R-507	144	
	R-417A	5	
	R-422A	5	
	R-422D	14	
	R-427A	6	
	R-407A	3	
	R-407F	13	
R-1234yf	0		
Autres	R-290	2	47
	R-600a	2	
	R-717	2	
	R-744	41	
TOTAL			2 427

Tableau V-16 - Demande totale 2012 – Froid commercial

Avec la correction des taux d'émissions, la demande pour la maintenance représente une part située entre 70 et 80 % de la demande totale. En 2012, 74 % de la demande totale est consacrée à la maintenance (soit 1 800 t) et seulement 2 % au retrofit, une grande partie du parc ayant déjà été convertie.

### V.3.3 – Les émissions totales

Le niveau 2012 des émissions totales dues à l'ensemble du secteur du froid commercial est estimé à 1 850 t de fluides frigorigènes, dont 90 % de HFC et 73 % par le R-404A (Tableau V-17). Les émissions 2012 sont dominées à 80 % par le froid centralisé des super et hypermarchés.

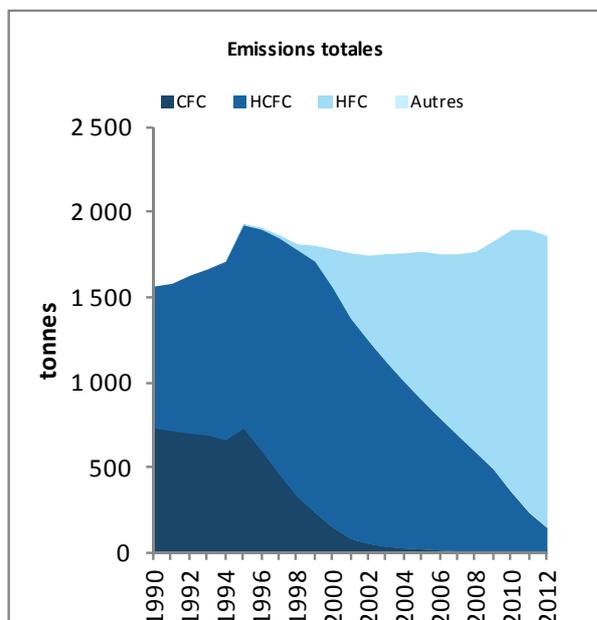


Figure V-12 - Evolution des émissions totales de fluides frigorigènes en froid commercial

Tableau V-17 - Emissions totales 2012 – Froid commercial

CFC	R-12	1	1
HCFC	R-22	94	150
	R-408A	42	
	R-401A	14	
HFC	R-134a	157	1 707
	R-404A	1 357	
	R-407C	2	
	R-410A	9	
	R-507	139	
	R-417A	3	
	R-422A	7	
	R-422D	22	
	R-427A	7	
	R-407A	1	
	R-407F	4	
	R-1234yf	0	
Autres	R-290	0	8
	R-600a	0	
	R-717	1	
	R-744	7	
TOTAL			1 866

### V.3.4 – Les émissions en équivalent CO<sub>2</sub>

Les émissions du froid commercial sont très pénalisées par l'utilisation du R-404A dont le GWP est de 3 290 (2<sup>nd</sup> assessment). Bien que les banques de CFC et HCFC soient presque éradiquées (Figure V-13), après la correction des taux d'émissions, l'estimation des émissions 2012 est de près de 5,5 millions de tonnes de CO<sub>2</sub>. Les émissions de R-404A constituent 80 % des émissions équivalentes CO<sub>2</sub> du froid commercial (Tableau V-18).

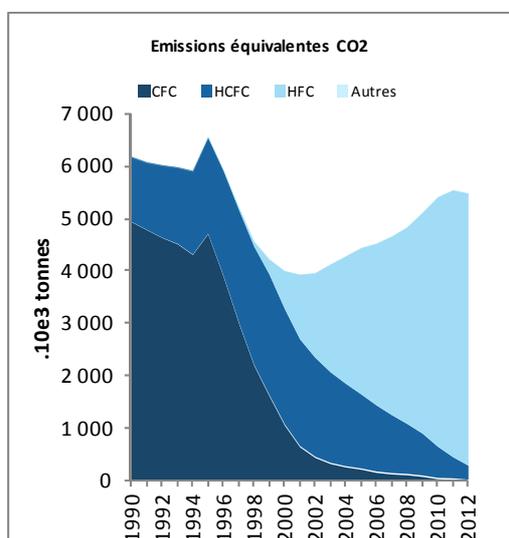


Figure V-13 - Evolution des émissions totales en équivalent CO<sub>2</sub> en froid commercial

Tableau V-18 - Emissions totales en équivalent CO<sub>2</sub> 2012 – Froid commercial

CFC	R-12	12	12
HCFC	R-22	141	265
	R-408A	110	
	R-401A	14	
HFC	R-134a	204	5 198
	R-404A	4 422	
	R-407C	3	
	R-410A	15	
	R-507	457	
	R-417A	6	
	R-422A	18	
	R-422D	50	
	R-427A	13	
	R-407A	2	
	R-407F	8	
	R-1234yf	0	
Autres	R-290	0	0
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			5 474

### V.3.5 – Les quantités récupérées

Les quantités de fluides frigorigènes récupérées lors de la fin de vie ou le retrofit des installations sont évaluées à 200 t en 2012, dont une part importante de R-22 issu des installations converties vers des HFC.

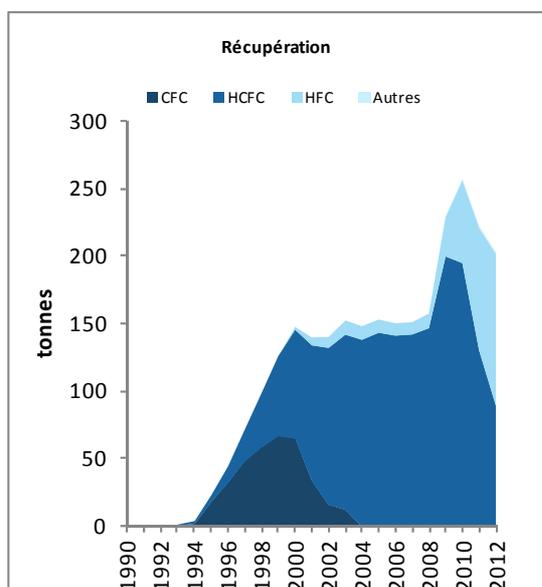


Figure V-14 - Evolution des quantités récupérées en froid commercial

Tableau V-19 - Quantités récupérées 2012 – Froid commercial

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	67	89
	R-408A	17	
	R-401A	5	
HFC	R-134a	10	112
	R-404A	72	
	R-407C	0	
	R-410A	1	
	R-507	12	
	R-417A	1	
	R-422A	3	
	R-422D	9	
	R-427A	3	
	R-407A	0	
	R-407F	1	
	R-1234yf	0	
Autres	R-290	0	2
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	2	
TOTAL			204

Les quantités de HFC récupérées deviennent supérieures cette année à celles de HCFC. Elles correspondent aux premières installations des années 95-2000 utilisant le R-404A. Les estimations pour les autres HFC proviennent de la méthode appliquée pour le retrofit des installations qui n'en modifie pas la durée de vie. C'est un point méthodologique qui est à revoir.

## VI. LES TRANSPORTS FRIGORIFIQUES

### VI.1- Structuration du secteur

Le secteur des transports frigorifiques est divisé en trois sous-secteurs :

- le transport routier,
- le transport maritime,
- les conteneurs frigorifiques autonomes.

Le transport routier par camion réfrigéré se décompose en deux catégories:

- les véhicules équipés de groupes frigorifiques autonomes de type « moteur thermique », rencontrés généralement sur les remorques ou semi-remorques
- les véhicules équipés de groupes de type « poulie-courroie » accouplés au moteur et installés sur les véhicules plus petits

Le transport maritime inclut seulement les cales réfrigérées ou « reefers », soit les bateaux possédant leurs propres systèmes de production frigorifique.

Les conteneurs frigorifiques autonomes sont indépendants du mode de transport et sont véhiculés par train, camion ou bateau (porte-conteneurs).

### VI.2- Méthode de calcul et données nécessaires

Pour le secteur des transports frigorifiques, la méthode générale est utilisée, elle est rappelée à la Figure VI-1. Cependant, une précision doit être apportée quant aux hypothèses prises en compte, relatives aux lieux de charges. En effet, la méthode de calcul général prend en compte le marché et la production d'équipements en supposant qu'ils sont chargés en usine. Quand les équipements sont chargés sur site, il est nécessaire de prendre en compte les équipements mis sur le marché. Dans le cas du transport routier, la difficulté est que, selon les cas, les groupes équipant les camions peuvent être chargés dans les usines produisant les groupes ou dans celles produisant les camions.

A la suite des échanges avec Carrier et le Cemafruid et, bien qu'il existe quelques cas particuliers, dans la méthode de calcul il est supposé que :

- les systèmes de type « poulie-courroie » sont chargés sur le site de production des camionnettes ; le calcul de la demande en fluides se base donc la donnée « production de camionnettes en France »
- les systèmes autonomes sont à 90 % chargés en usine de production (de ces systèmes), il est donc nécessaire d'évaluer la production des groupes en France.

En revanche, le calcul de la banque de fluides et des émissions fugitives prend en compte le parc circulant en France basé sur les marchés annuels de camions frigorifiques.

Le transport maritime par bateaux réfrigérés ou conteneurs est calculé au niveau mondial, seules des statistiques globales étant disponibles. Au niveau mondial, le marché est équivalent à la production. Il est considéré qu'une part de 10 % peut être attribuée à la France. Les conteneurs frigorifiques étant chargés d'usine, la production française risque par cette méthode d'être surestimée, les résultats concernant le transport maritime sont donc à prendre avec précaution.

Les autres données nécessaires au calcul sont:

- la répartition annuelle des fluides utilisés sur le marché neuf des équipements
- les charges de référence de l'équipement
- la durée de vie
- les taux d'émissions fugitives

- l'efficacité de récupération des filières assurant le traitement des équipements en fin de vie.

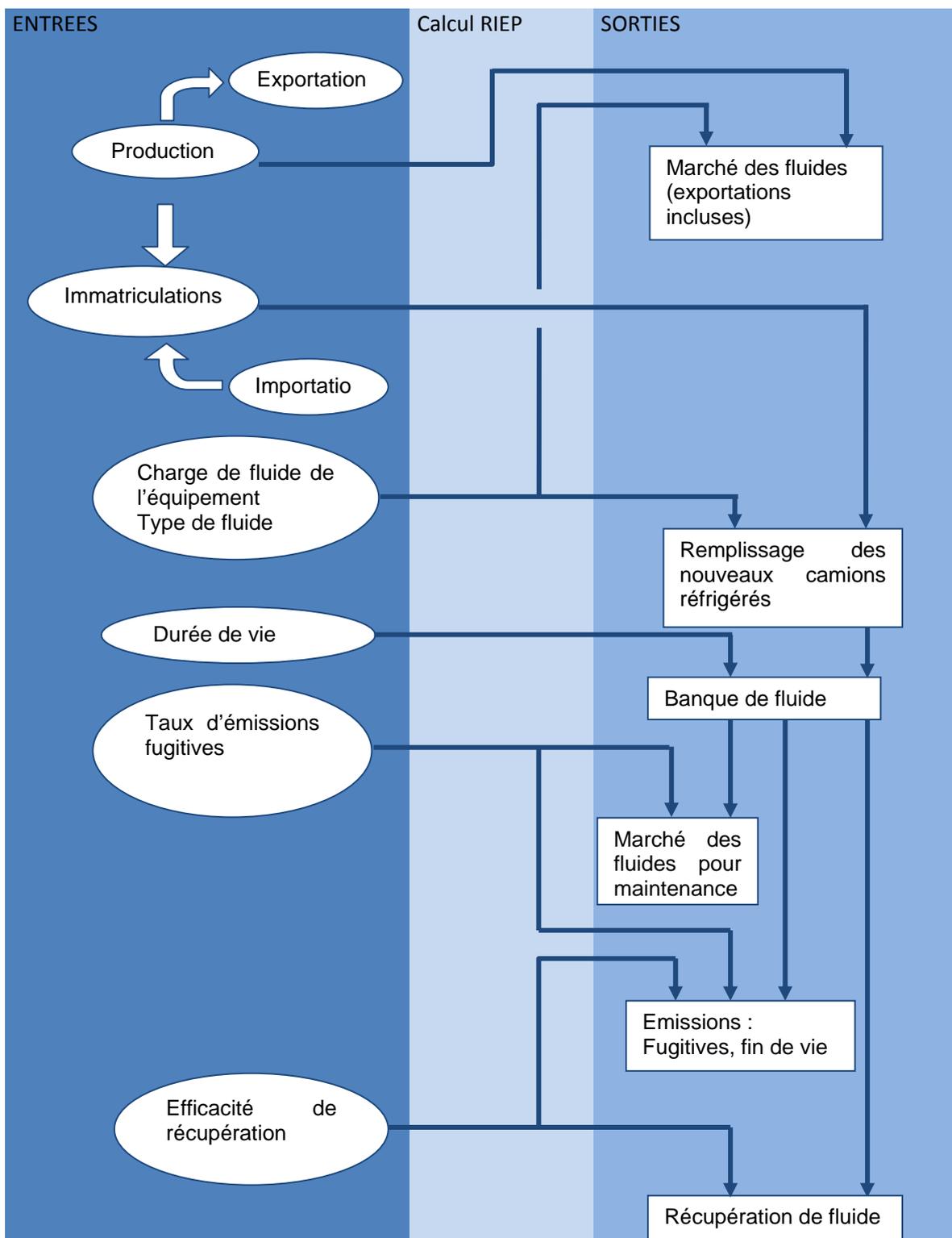


Figure VI-1– Organigramme de la méthode utilisée pour le secteur des transports frigorifiques

## VI.3 Le transport frigorifique en France en 2012

### VI.3.1 Statistiques disponibles transport routier

La base de données DATAFRIG recense les camions pour lesquels une attestation de conformité technique (ATP) a été délivrée. Dans DATAFRIG, la notion de « production » de véhicules correspond au nombre de véhicules produits en France pour lesquels les producteurs ont demandé une attestation. Cette attestation est obligatoire en France et dans la plupart des pays d'Europe mais certains pays, tels que l'Allemagne, ne l'exigent pas pour le transport intérieur. Le niveau de production est donc sous-estimé puisqu'une partie des véhicules produits en France est exporté sans ATP.

Dans le cadre des inventaires, la connaissance de la « production » des équipements contenant des fluides frigorigènes est nécessaire pour évaluer la demande en fluides frigorigènes et les émissions à la charge lorsque l'équipement est chargé en usine de production. Dans le cas des groupes équipant les camions frigorifiques, il existe deux cas dominants :

- Les groupes de type « poulie-courroie » dits non autonomes sont principalement chargés en fluide frigorigène lors de la construction du véhicule. La donnée nécessaire au calcul est donc la production de camionnettes, ce que fournit Datafrig à la part près des véhicules produits en France pour être exportés vers un pays n'exigeant pas l'ATP qui est pour le moment négligée.
- Les groupes de type « systèmes autonomes » sont principalement chargés d'usine ; la production n'est alors pas en lien avec celle des camions.

Pour ce calcul d'inventaires 2012, comme en 2011, les données DATAFRIG ont été utilisées pour estimer la production des systèmes poulies-courroies. Les informations de CARRIER ont été privilégiées pour estimer la production nationale des groupes autonomes.

#### Production française

Dans le secteur des systèmes de type « poulie-courroie » utilisés en transport routier, les données de production ont été corrigées en fonction des données Datafrig lors des inventaires 2011. Les quantités de fluides frigorigènes utilisées dans les groupes frigorifiques sont supposées équivalentes aux quantités chargées dans les camionnettes produites en France (et ayant obtenues une attestation Datafrig). Une correction a été apportée par le Cemafrigid par rapport au rapport de l'an dernier [MIC13], ce qui justifie une nouvelle mise à jour sur l'historique (Tableau VI-1).

Pour les systèmes autonomes, les productions sont estimées en fonction des tendances données par Carrier en 2000, 2007 et 2011 [STU12], en appliquant un coefficient 0,9 afin de tenir compte de la part chargée d'usine (Tableau VI-1).

Tableau VI-1 – Productions corrigées des groupes frigorifiques pour le transport routier

Types	2000	2005	2010	2012
Camionnettes équipées de systèmes Poulie - courroie	2 690	5 600	5 570	6 210
Systèmes autonomes chargés d'usine (90 %) équipant les Camions et Semi-remorques	10 800	13 750	16 150	21 150

#### Marché neuf ou immatriculations

Les statistiques publiées par la Chambre Syndicale Nationale des Carrossiers et Constructeurs de Semi-Remorques et Conteneurs (CARCOSERCO) [CAR11] fournissent les immatriculations des véhicules frigorifiques de type : véhicules utilitaires légers, véhicules industriels, semi-remorques et

remorques jusqu'en 2010. Les marchés 2011 et 2012 (Tableau VI-2) ont été communiqués au CES sur demande et ont permis de corriger l'estimation faite dans les inventaires 2011.

Tableau VI-2 – Nouvelles immatriculations du transport routier en France [CAR13]

Marché transport routier	2012
Poulie - courroie	4 820
Moteur thermique	4 915

### **VI.3.2. Statistiques disponibles transport maritime**

Dans le sous-secteur du transport maritime, le « container handbook » [CON08] ayant fourni la production des conteneurs jusqu'en 2004 ne met plus à jour ses statistiques. Ce secteur étant traité au niveau mondial, le marché est supposé égal à la production. Il est estimé à partir de l'évolution de la flotte en considérant une durée de vie moyenne de 14 ans. Les niveaux de la flotte mondiale sont données jusqu'en 2009 par Worldshipping [SHI13], ainsi qu'une estimation de son évolution sur la période 2010-2012. Faute de données plus précises, ce sont les valeurs projetées qui sont utilisées pour estimer le marché de 2010 à 2012 (Tableau VI-3).

Tableau VI-3 – Evolution de la flotte et du marché des conteneurs frigorifiques (en TEU)

Conteneurs	2004	2009	2010	Estimation 2012
Flotte	1 153 000	1 689 000	1 702 000	1 985 000
Marché	143 000	138 000	91 000	262 000

Pour les bateaux réfrigérés, le transport par reefer est en baisse très significative et peu de navires ont été construits ces dernières années. D'après [REF07], il n'est pas prévu d'excéder une production de 3 reefers par an d'ici 2014. Une production de 2 bateaux réfrigérés est prise en compte pour 2012.

Le transport frigorifique ferroviaire est peu développé en France : environ une centaine de voitures frigorifiques. La technologie des groupes utilisés étant similaire à celle des conteneurs autonomes, ils sont comptabilisés dans le parc total du Tableau VI-3.

### **VI.3.3 Fluides utilisés**

En transport routier, les systèmes poulie-courroie étaient chargés exclusivement avec du R-134a jusqu'en 2000. La progression du R-404A, utilisé pour des raisons pratiques car il permet le transport des surgelés contrairement au R-134a, a été ré-estimée par Carrier [STU12] sur la période 2000-2012. Dans les systèmes à moteur thermique, l'emploi du R-404A est quasi général. Dans une très faible proportion, le R-134a et le R-410A ont été introduits depuis 2008 [STU12]. Par ailleurs, l'extraction Datafrig [MIC13] permet de conforter la tendance présentée au Tableau VI-4 des fluides utilisés sur le marché neuf 2012.

Tableau VI-4 – Fluides utilisés sur le marché neuf du transport routier

Transport routier	Poulie-moteur	Moteur thermique
2012	10 % R-134a 90 % R-404A	99,3 % R-404A 0,1 % R-134a 0,6 % R-410A

Dans le transport maritime, selon le TOC [TOC10], les navires récents utilisent le plus souvent des systèmes indirects à base de HFC (R-134a, R-404A ou R-410A). Les conteneurs frigorifiques autonomes n'utilisent quasiment que le R-134a dans les équipements neufs; il convient cependant de noter le début de la production des conteneurs maritimes utilisant du CO<sub>2</sub> (1 %).

### VI.3.4 Charges de référence

La tendance des charges des équipements du transport routier est, comme dans la plupart des secteurs, à la réduction. Ce phénomène s'accroissant sur les dernières années, la réduction de la charge est désormais prise en compte dans le calcul, tel que précisé au Tableau VI-5.

Tableau VI-5 – Charges des équipements du transport routier

Charge moyenne (kg)	Valeurs jusqu'en 2006	2012
Poulie - courroie	2,5	1,6
Moteur thermique	7,2	6,5

Les systèmes frigorifiques des navires au R-22 des années 1970 étaient de l'ordre de 3 à 5 tonnes. Afin de tenir compte de l'augmentation significative du nombre de systèmes indirects (dont les charges varient de 500 à 1 000 kg) sur les navires récents [TOC10], les charges moyennes des reefers sont réduites depuis 2001 pour atteindre le niveau de 1t en 2010-2012. Les charges des conteneurs sont supposées constantes.

Tableau VI-6 – Charges des équipements dans le transport maritime

Charge	Reefers	Conteneurs autonomes
2012	1 t	4,6 kg

### VI.3.5 Durée de vie

Les figures Figure VI-2 à Figure VI-4 présentent les courbes de durée de vie utilisées pour les trois sous-secteurs du transport frigorifique. Cette hypothèse n'a pas évolué.

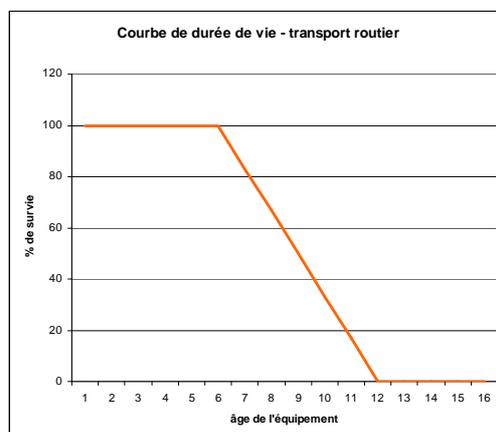


Figure VI-2 - Courbe de durée de vie pour les systèmes du transport routier

Selon le Cemafruid [MIC13], le parc des camions frigorifiques en France métropole est évalué à 119 000 unités. Les données Carcoserco associées à une durée de vie moyenne de 10 ans donnent un parc de camions frigorifiques de 93 400 camions en 2012, soit une sous-estimation de 21 %. Le parc de poulies-courroies est bien approché (à 4 %), l'écart est plus important sur les systèmes autonomes. Une durée de vie de 15 ans associée à ces derniers permettraient d'obtenir le même parc que Datafrig. Etant donné que les données Datafrig ne sont significatives en production que depuis 2010, leur méthode d'estimation du parc devra être détaillée avant de modifier éventuellement les hypothèses de durées de vie.

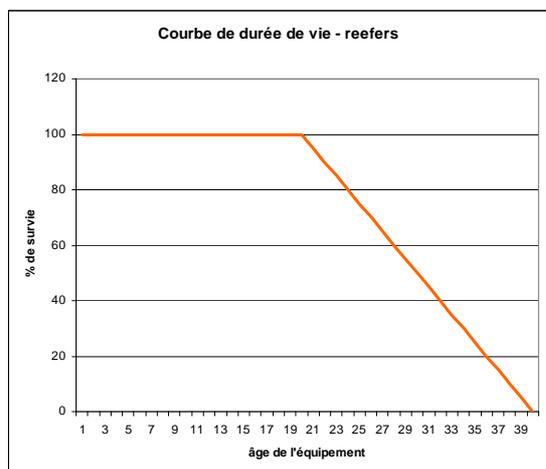


Figure VI-3 – Courbe de durée de vie des reefers

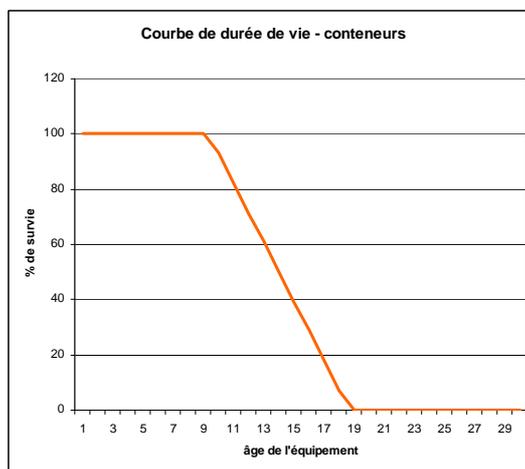


Figure VI-4 – Courbe de durée de vie des conteneurs

### VI.3.6 Taux d'émissions fugitives

Des taux d'émissions fugitives importants sont associés au secteur du transport, étant donné le caractère mobile des équipements et l'environnement souvent agressif auquel ils sont confrontés. Ces taux, incluant les pertes à la maintenance, sont regroupés au Tableau VI-7. La tendance à la réduction des taux d'émissions des reefers tient compte de la forte pénétration des systèmes indirects, pour lesquels le niveau d'émissions est estimé entre 5 et 10 % contre 20 % pour les systèmes indirects [TOC10].

Tableau VI-7 – Taux d'émissions fugitives des équipements du transport frigorifique

Taux d'émissions (% de la charge nominale)	Transport routier		Reefers	Conteneurs autonomes
	Moteur thermique	Poulie-courroie		
2012	11 %	20 %	15 %	20 %

### VI.3.7 Efficacité de récupération

Peu d'informations sont disponibles dans le secteur du transport frigorifique pour estimer l'efficacité de récupération. Les valeurs du Tableau VI-8 tiennent compte d'une tendance à l'amélioration des pratiques mais sont à confirmer.

Tableau VI-8 – Efficacité de récupération

Efficacité de récupération	Transport routier	Reefers	Conteneurs autonomes
2012	73 %	20 %	25 %

## VI.4 Résultats Transports Frigorifiques – Inventaires métropole 2012

### VI.4.1 – La banque

La banque est en croissance de 4 % à cause de la croissance du marché des conteneurs, elle est constituée aux trois quarts par la flotte du transport maritime. Elle est estimée à 1 600 t en 2012, dont 57 % est du R-134a. La banque du transport routier est de seulement 360 t, composée à 90 % de R-404A.

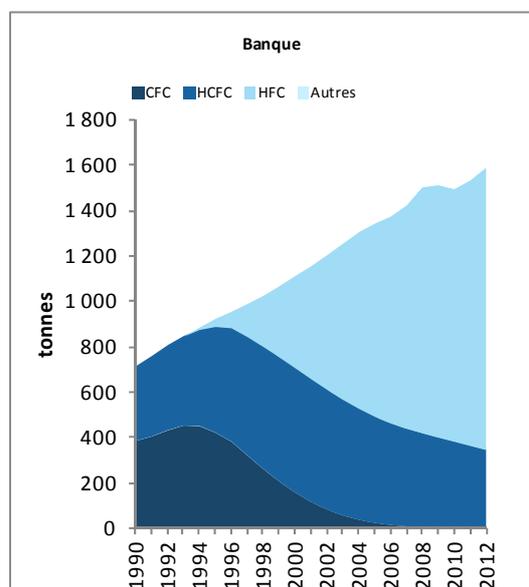


Figure VI-5- Evolution de la banque de fluides frigorigènes du transport frigorifique

Tableau VI-9 - Banque 2012 – Transport Frigorifique

CFC	R-12	1	1
HCFC	R-22	348	349
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	906	1 241
	R-404A	334	
	R-407C	0	
	R-410A	1	
	R-507	0	
	R-417A	0	
	R-422A	0	
	R-422D	0	
	R-427A	0	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
	R-1234yf	0	
	Autres	R-290	
R-600a		0	
R-717		0	
R-744		2	
TOTAL			1 592

### VI.4.2 – La demande

La demande totale en fluides frigorigènes, en légère décroissance, est estimée à 635 t en 2012. Les « pics » observés Figure VI-6 sont principalement dus aux variations du niveau de production des conteneurs réfrigérés.

La demande pour les équipements neufs de transport maritime (74 t en 2012) est probablement surestimée par la méthode prenant en compte pour la France 10 % du niveau mondial, ces équipements étant chargés en usine de production.

Le marché de HCFC constituant 19 % de la demande totale provient de la demande pour la maintenance des équipements de transport maritime traités au niveau mondial.

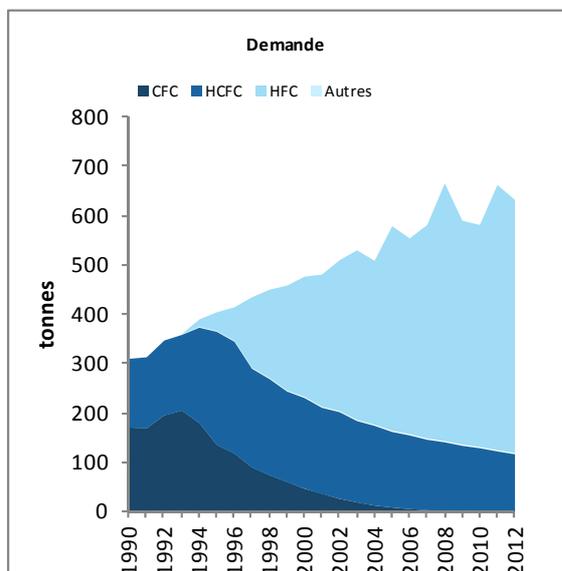


Figure VI-6 – Evolution de la demande totale de fluides frigorigènes en transport frigorifique

Tableau VI-10 - Demande totale 2012 – Transport Frigorifique

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	118	118
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	292	515
	R-404A	222	
	R-407C	0	
	R-410A	1	
	R-507	0	
	R-417A	0	
	R-422A	0	
	R-422D	0	
	R-427A	0	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
	R-1234yf	0	
Autres	R-290	0	1
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	1	
TOTAL			634

### VI.4.3 – Les émissions totales

Le niveau 2012 des émissions totales dues à l'ensemble du secteur du transport frigorifique est estimé à 440 t, dont 80 % sont liées au transport maritime. Les émissions sont relativement stables depuis 2008.

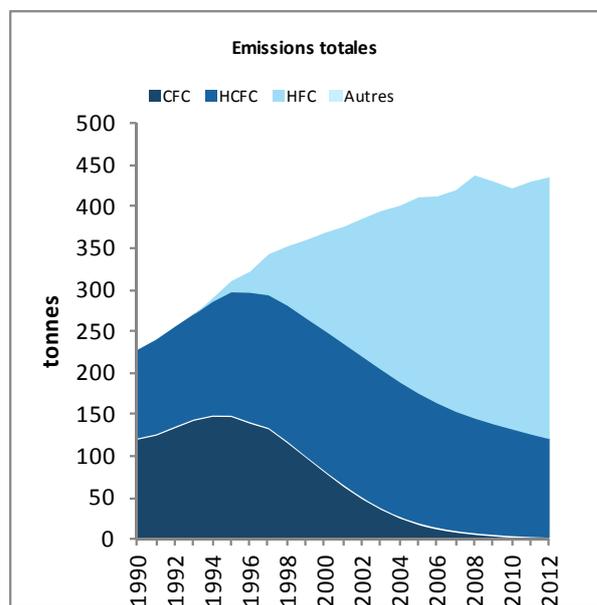


Figure VI-7 - Evolution des émissions totales de fluides frigorigènes en transport frigorifique

Tableau VI-11 - Emissions totales 2012 – Transport Frigorifique

CFC	R-12	1	1
HCFC	R-22	119	120
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	240	315
	R-404A	75	
	R-407C	0	
	R-410A	0	
	R-507	0	
	R-417A	0	
	R-422A	0	
	R-422D	0	
	R-427A	0	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
	R-1234yf	0	
Autres	R-290	0	0
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			436

Les émissions dues au transport routier ne sont que de 83 t en 2012, mais principalement constituées de R-404A.

#### VI.4.4 – Les émissions en équivalent CO<sub>2</sub>

L'élimination de la banque de CFC (Figure VI-8) a permis de réduire les émissions du transport frigorifique à seulement 0,75 million de tonnes en 2012. Le transport routier, responsable de 20 % des émissions de fluides frigorigènes du transport, voit sa part des émissions équivalentes CO<sub>2</sub> s'élever à 34 %, à cause de la forte utilisation du R-404A.

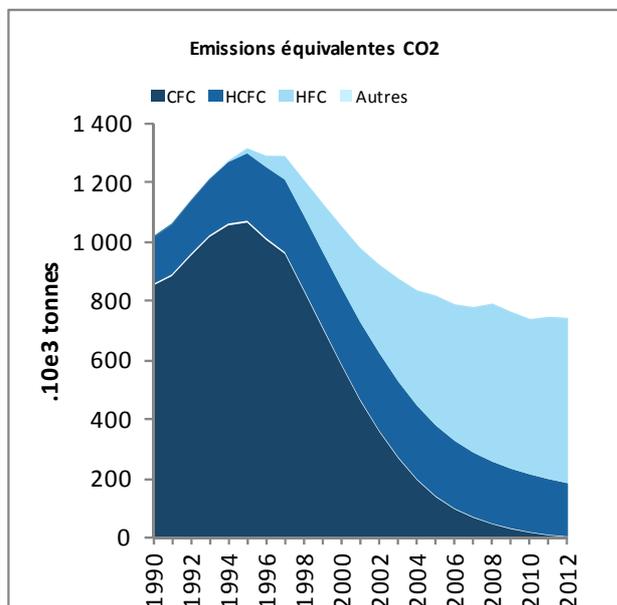


Figure VI-8 - Evolution des émissions totales en équivalent CO<sub>2</sub> en transport frigorifique

Tableau VI-12- Emissions totales en équivalent CO<sub>2</sub> 2012 – Transport Frigorifique

CFC	R-12	6	6
HCFC	R-22	179	179
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	312	558
	R-404A	246	
	R-407C	0	
	R-410A	0	
	R-507	0	
	R-417A	0	
	R-422A	0	
	R-422D	0	
	R-427A	0	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
Autres	R-1234yf	0	0
	R-290	0	
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			743

#### VI.4.5 – Les quantités récupérées

Les quantités de fluides frigorigènes récupérées lors de la fin de vie des équipements s'élèvent à seulement 40 t à cause de la faible efficacité de récupération associée au transport maritime.

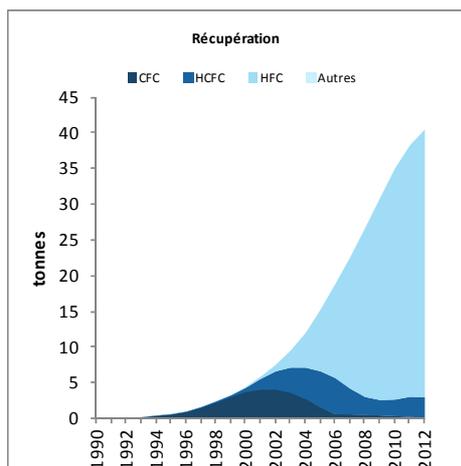


Figure VI-9 - Evolution des quantités récupérées en transport frigorifique

Tableau VI-13 - Quantités récupérées 2012 – Transport Frigorifique

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	3	3
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	12	37
	R-404A	26	
	R-407C	0	
	R-410A	0	
	R-507	0	
	R-417A	0	
	R-422A	0	
	R-422D	0	
	R-427A	0	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
R-1234yf	0		
Autres	R-290	0	0
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			40

## VII. LE FROID INDUSTRIEL

### VII.1 Structuration du secteur

Le secteur du froid industriel est divisé en trois sous-secteurs :

- l'industrie agroalimentaire
- les procédés industriels
- les patinoires

Le sous-secteur des industries agroalimentaires est le plus important et dispose d'une méthode de calcul dédiée (détaillée dans les précédents rapports d'Inventaires [INV01] [INV02]), basée sur les quantités annuelles de produits traités. Les secteurs répertoriés sont :

- la viande
- les produits laitiers
- le vin et la bière
- les produits surgelés
- la glace hydrique pour le poisson
- l'entreposage frigorifique
- les chocolateries industrielles
- les boissons gazeuses.

La catégorie des tanks à lait est calculée de façon indépendante mais dépend aussi de la production annuelle de lait.

Les procédés industriels comportent ceux de :

- l'industrie chimique
- l'industrie du caoutchouc
- une estimation forfaitaire des autres procédés (pharmaceutiques...)

L'industrie chimique est le principal secteur des procédés industriels.

### VII.2 Données nécessaires au calcul

La méthode de calcul du secteur du froid industriel est rappelée figure 4.1. Dans l'industrie agroalimentaire, un prétraitement [INV01] permet d'obtenir les principaux paramètres. Dans les procédés industriels, les informations communiquées sont confidentielles et constituent directement la banque de fluides du sous-secteur. Dans la méthode de calcul, les installations sont estimées d'après les quantités produites par secteur et, une fois déterminées, restent indépendantes des baisses de production au cours de leur durée de vie.

Globalement, les données suivantes sont nécessaires aux calculs :

- le parc d'équipements ou la production de denrées (agroalimentaire, chimique)
- la répartition annuelle des fluides
- la charge ou les ratios (En agroalimentaire, quatre ratios caractéristiques sont nécessaires pour reconstituer la charge globale à partir de la production annuelle, comme il l'est rappelé à l'annexe 2).
- la courbe de durée de vie
- les taux d'émissions
- l'efficacité de récupération

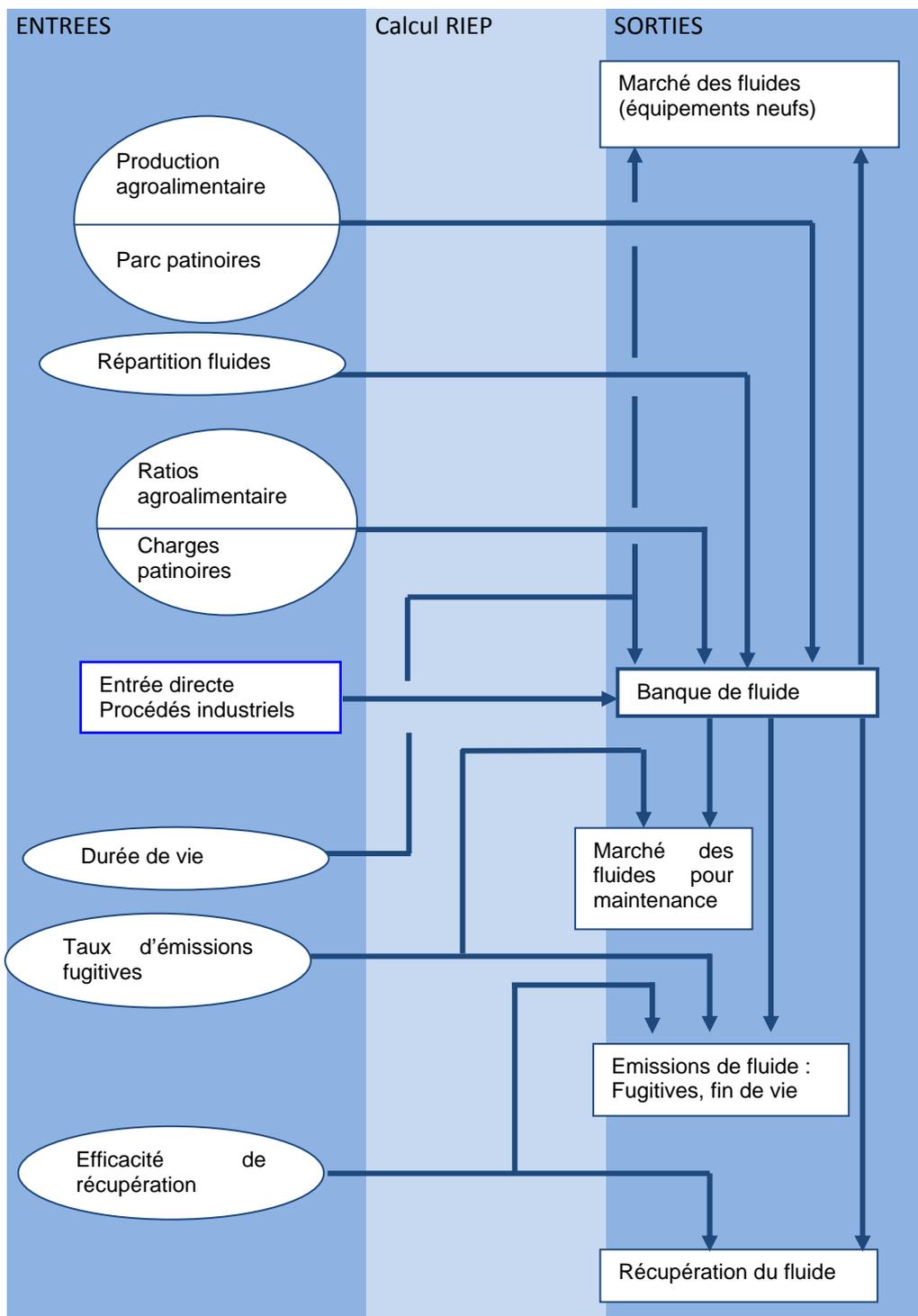


Figure VII-1 - Organigramme de la méthode de calcul utilisée pour le sous-secteur du froid industriel

## VII.3 Données Industries en France métropole en 2012

### VII.3.1 Production française ou parc

#### Industries Agroalimentaires

La base de données FAO (Food & Agriculture Association) [FAO13] permet d'obtenir les principales productions françaises des secteurs agroalimentaires. Au moment de ce calcul d'inventaires, les données 2012 ne sont pas encore publiées sur le site. Les productions 2012 ont donc été estimées à partir des données ou mises à jour 2008-2010 ; elles sont présentées au Tableau VII-1.

Tableau VII-1 – Productions de l'industrie agroalimentaire basées sur données FAO

Secteurs	Viande (t)	Produits laitiers (t)	Vin et Bière (t)	Glace hydrique pour le poisson (t)
Production 2012	5 885 000	23 920 000	5 780 000	596 000

La production des surgelés n'étant plus suivie par la base de la FAO, la production est estimée en fonction des marchés de congélateurs. La base de données de la FAO ne fournit pas les productions de chocolat mais donne la consommation des fèves de cacao. La production de chocolat est estimée à partir du ratio établi en fonction des données du ministère de l'agriculture et de la pêche [AGR07] et présentée au Tableau VII-2. La production des boissons gazeuses n'est pas suivie par la FAO. Des données ponctuelles ont pu être recueillies ([AGR08], [SAY07]). Les productions 2008 à 2012 ont été estimées en prenant une progression de 3 % par an [COC10].

Tableau VII-2 – Productions de l'industrie agroalimentaire estimées

Secteurs	Surgelés (t)	Chocolat (t)	Boissons gazeuses (t)	Entrepôts (m <sup>3</sup> )	Plats cuisinés (t)
2012	2 037 000	912 000	3 180 000	16 233 000	782 000

Le volume d'entrepôts est estimé en fonction de la population et de la production totale agroalimentaire. D'après [GOU13], la France comptait en 2010 60 millions de m<sup>2</sup> d'entrepôts dont un quart environ, frigorifique, soit environ 15 millions de m<sup>2</sup> frigo. Ce chiffre conforte notre estimation de 15,77 millions de m<sup>3</sup> estimés en 2010.

Dans cette édition d'inventaires, la production des plats cuisinés non surgelés qui n'était pas prise en compte jusqu'à présent a été introduite. Selon [ALI13] se basant sur une étude ADEME, en 2007 la production de "produits traiteurs" était de 700 000 t. L'évolution de cette production a été reconstituée en se basant sur celle des produits surgelés en attendant des données plus précises. Ce qui conduit à une production 2012 estimée à 782 000 t.

#### Patinoires

Le nombre de patinoires fixes installées en France est stable, évalué à 160 en 2012 selon l'annuaire du Syndicat national des patinoires [SYN13]. En revanche, les patinoires mobiles (ou démontables) sont de plus en plus nombreuses, utilisées seulement une partie de l'année ; elles constituent un marché difficile à estimer. Un niveau de 15 nouvelles patinoires annuel est pris en compte dans ces inventaires pour 2012, incluant les patinoires mobiles et les renouvellements des systèmes des patinoires existantes. Cette valeur est à confirmer.

## Procédés industriels

Le parc de l'industrie chimique et celui de l'industrie pharmaceutique sont considérés constants, faute de données plus précises.

La production de caoutchouc est en baisse de 9 % par rapport à 2011, de l'ordre de 840 000 tonnes en France en 2012 [SNC13].

### VII.3.2 Fluides utilisés

#### Industries Agroalimentaires

Une enquête a été menée auprès de 3 groupes agro-alimentaires [ZOU13]. Il ressort que:

- Le R-404A n'est plus du tout utilisé dans les nouvelles installations et les possibilités de retrofit à moyen terme sont à l'étude;
- Le R-407A (et F) sont envisagés pour les besoins à court terme de retrofit des installations au R-22 ou au R-404A
- De plus en plus de retrofits d'installations au R-22 sont faits vers des installations à l'ammoniac grâce à l'assouplissement de la réglementation. Cependant, l'ammoniac pose des contraintes particulières liées à sa toxicité et inflammabilité (classe B2) mais aussi à cause de son niveau de pression et d'échauffement à la compression. Celles-ci peuvent imposer la mise en place de tours aéroréfrigérantes et une gestion rigoureuse du risque de légionellose que certains industriels préfèrent éviter en ayant recours à d'autres alternatives tels que les systèmes cascade R-134a/CO<sub>2</sub>.
- En froid négatif, le CO<sub>2</sub> est en effet de plus en plus utilisé.

Ces résultats d'enquête auprès des détenteurs sont confirmés par les opérateurs tels que Johnson Control [PHI13]. L'année 2012 marque une forte évolution dans la tendance des fluides utilisés dans les industries agroalimentaires : le R-404A disparaît quasi complètement dans les installations neuves de l'industrie agroalimentaire, sauf pour les petits entrepôts. Les installations neuves utilisent quasiment toutes des installations indirectes avec du R-134a ou de l'ammoniac ou des systèmes cascades NH<sub>3</sub>/CO<sub>2</sub> (avec de petites charges de NH<sub>3</sub>) ou R-134a/CO<sub>2</sub>. Concernant les retrofits, l'attente des évolutions réglementaires en ralentit le rythme.

Les autres démarches d'enquête, notamment auprès des entrepôts de l'USNEF n'ont pu aboutir. Les données récapitulées au Tableau VII-3 correspondent aux hypothèses du calcul 2012 et montrent pour les principales industries la forte évolution 2010/2012, mais sont à confirmer.

Tableau VII-3 – Fluides utilisés dans les installations neuves des industries agroalimentaires en 2012

Secteurs		R-134a	R-404A	R-717 (NH <sub>3</sub> )	R-744 (CO <sub>2</sub> )
Viande	2010	10 %	49 %	40 %	1 %
	2012	20 %	20 %	45 %	15 %
Produits laitiers	2010	10 %	50 %	40 %	-
	2012	25 %	20 %	55 %	
Entrepôts	2010	5 %	35 %	60 %	-
	2012	10 %	20 %	60 %	10 %

Dans les hypothèses de calcul, une nette progression du rythme des conversions d'installations d'industrie agroalimentaire est prise en compte en 2012, équivalente à 20 % de la banque de HCFC (Tableau VII-4).

Tableau VII-4 - Retrofit ou accélération de conversion des principales industries agroalimentaires en 2010-2012

Secteurs		Part de la banque retrofitée	Vers R-134a	Vers R-404A	R-717 (NH <sub>3</sub> )	R-744 (CO <sub>2</sub> )	Vers Mélanges HFC
Viande	2010	10 %	1 %	2 %	1 %	1 %	5 %
	2012	10 %	-	7 %	-	-	3 %
Produits laitiers	2010	10 %	2 %	2 %	1 %	-	5 %
	2012	10 %	-	7 %	-	-	3 %
Entrepôts	2010	10 %	2 %	3 %	-	-	5 %
	2012	10 %	-	7 %	-	-	3 %

## Patinoires

Les installations indirectes se sont quasiment généralisées dans le secteur des patinoires. Les nouveaux systèmes sont le plus souvent de type R-134a/eau glycolée ou ammoniac/eau glycolée pour des quantités n'excédant pas 150 kg. Les patinoires mobiles utilisent des chillers au R-134a.

Les retrofits des patinoires au R-22 peuvent se faire avec du R-507 en système direct si la piste est en bon état (les charges utilisées sont alors élevées, de l'ordre de 3 t) ; sinon, la mise en place de systèmes indirects eau glycolée/ R-507 est préconisée.

Le Tableau VII-5 récapitule les hypothèses fluides pour les patinoires en 2012.

Tableau VII-5 – Fluides utilisés sur le marché neuf et retrofit des patinoires

Patinoires	Fluides sur le marché neuf	Fluides utilisés pour le retrofit des installations
2012	75 % R-134a 15 % R-404A 5 % R-507 5 % R-717	10 % de la banque de R-22 retrofitée par du R-507 ou des fluides de remplacement

## Autres procédés industriels

Faute d'informations plus précises, les fluides utilisés sur le marché des procédés industriels sont supposés stables sur 2010-2012 ; les hypothèses sont récapitulées au tableau suivant.

Tableau VII-6 Fluides utilisés sur le marché neuf des procédés industriels

Procédés industriels	Chimique	Caoutchouc	Plasturgie et autres
2012	65 % R-134a 30 % R-404A 5 % R-717	95 % R-134a 5 % R-717	70 % R-134a 30 % R-717

Les retrofits sont supposés moins nombreux et concernent :

- 5 % de la banque de R-22 vers du R-134a dans l'industrie du caoutchouc

- 10 % de la banque de R-22 vers des fluides de remplacement dans les autres procédés.

### VII.3.3 Ratios ou charges

#### Industries Agroalimentaires

Les valeurs du ratio traduisant le procédé frigorifique utilisé pour les différents secteurs de l'industrie agroalimentaire sont rappelées Tableau VII-7. Ces ratios ont été établis à partir de descriptions très détaillées des différents procédés et des équipements utilisés dans les premières études d'inventaires et, dans le cas des chocolateries et de l'industrie des boissons gazeuses, à partir de l'étude des procédés de fabrication [KAL07], [ASH06]. Ces données sont maintenues car cohérentes avec les structures des installations.

Tableau VII-7 - Puissance frigorifique par masse de production (kW/ t ou kW/m<sup>3</sup>) par secteur de l'industrie agroalimentaire

Puissance frigorifique	Chocolateries industrielles	Boissons gazeuses	Viande	Produits laitiers	Vin et Bière	Surgelés	Entrepôts (kW/m <sup>3</sup> )	Glace hydrique pour le poisson
Ratio <sup>w</sup> (kW/t)	0,0095	0,0037	0,043	0,013	0,023	0,036	0,032	0,012

Ce ratio, ainsi que celui traduisant la part des puissances négatives (Tableau VII-8), est considéré constant tant qu'il ne se produit pas d'évolution technologique majeure dans le secteur considéré.

Tableau VII-8 – Part des puissances négatives par secteur de l'industrie agroalimentaire

Puissances négatives	Chocolateries industrielles	Boissons gazeuses	Viande	Produits laitiers	Vin et Bière	Surgelés	Entrepôts	Glace hydrique pour le poisson
Ratio x (%)	0	0	30 %	20 %	0	100 %	70 %	100 %

En revanche, les valeurs du ratio traduisant la part des systèmes indirects sur le marché neuf, qui avaient été corrigées dans les précédents inventaires de façon à prendre en compte l'augmentation significative généralisée de l'utilisation des systèmes indirects sur les dernières années dans les différents secteurs du froid industriel, sont encore en forte augmentation en 2012, comme le montre le

Tableau VII-9.

Tableau VII-9 – Part des systèmes indirects sur le marché neuf par secteur de l'industrie agroalimentaire

$P_{ind}/P_{tot}$	Chocolateries Boissons gazeuses Vin et Bière	Viande Surgelés Poisson	Laiteries	Entrepôts
2010	70 %	50 %	89 %	38 %
<b>2012</b>	<b>80 %</b>	<b>65 %</b>	<b>90 %</b>	<b>65 %</b>

Enfin, le Tableau VII-10 rappelle les derniers ratios, considérés constants, permettant le calcul de la charge en fonction de la puissance frigorifique de l'installation.

Tableau VII-10 - Charge de fluide rapportée à la puissance frigorifique par type d'installation

Ratio de charge	Froid positif / Système direct	Froid positif / Système indirect	Froid négatif / Système direct	Froid négatif / Système indirect
Ratio z (kg/ kW)	5,5	2	8,8	3

Pour les tanks à lait, la charge moyenne considérée est constante, toujours de 2,1 kg de fluide par m<sup>3</sup> de stockage, soit environ 12 kg pour le modèle standard de 6000 l.

### Patinoires

La charge moyenne des patinoires est un paramètre variant de façon annuelle et en fonction du fluide utilisé. Le Tableau VII-11 présente les charges des différents systèmes frigorifiques selon les fluides utilisés, prenant en compte la généralisation des systèmes indirects dans l'utilisation du R-134a.

Tableau VII-11 – Charge moyenne des patinoires

Patinoires	R-134	R-507	R-404A	R-717
Charge (t) 2012	0,36	0,67	0,67	0,33

### Procédés industriels

Les calculs sont basés sur la donnée confidentielle de la banque globale de fluides utilisés pour la France par l'industrie chimique. Pour l'industrie du caoutchouc, la charge de l'usine principale est de 50 t.

#### VII.3.4 Les courbes de durée de vie

Les courbes ont été établies autour de la durée de vie moyenne, estimée à 30 ans pour l'agroalimentaire, la production de caoutchouc et les procédés industriels autres que la chimie lourde (Figure VII-3). Pour les autres industries (Figure VII-2), elles sont basées sur la fréquence de renouvellement des installations car leurs marchés sont établis en en tenant compte : il s'agit de 15 ans pour les patinoires, les tanks à lait et la chimie lourde.

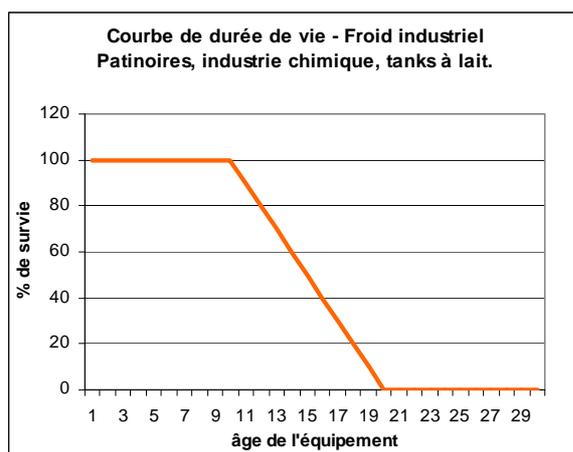


Figure VII-2 - Courbe de durée de vie pour les secteurs des patinoires, tanks à lait et de l'industrie chimique

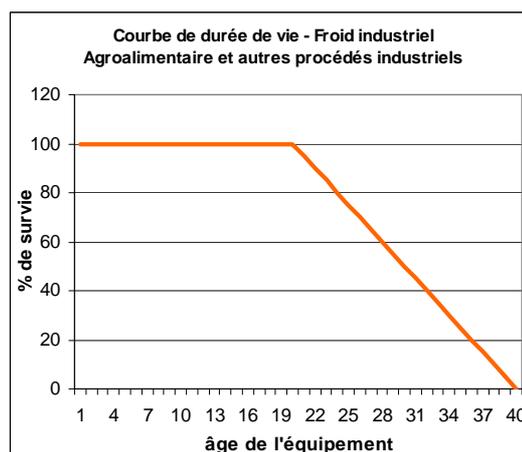


Figure VII-3 - Courbe de durée de vie pour les secteurs de l'agroalimentaire et autres procédés industriels

#### VII.3.5 Les taux d'émissions

A la suite de l'étude paramétrique de l'impact des taux d'émissions des installations utilisant le R-404A sur l'écart entre la reconstitution de la demande et le marché déclaré (III.2.1- Etude

paramétrique de l'impact du taux d'émissions sur l'estimation du marché de R-404A), il a été décidé d'appliquer une première correction consistant à considérer constants les taux d'émissions de ces installations depuis 1990. La correction est présentée au Tableau VII-12.

Tableau VII-12 – Taux d'émissions Froid industriel

Taux d'émissions	Agroalimentaire	Tanks à lait	Patinoires	Industrie chimique	Industrie caoutchouc
Niveau 2011 dans inventaires 2011	12,5 à 14 %	11,5 %	10 %	15 %	15 %
Correction inventaires 2012: taux constants	15 %	15 %	15 %	15 %	15 %

Pour l'ammoniac, les fuites étant facilement repérées et la toxicité du fluide implique un niveau d'émissions nettement inférieur : il est considéré égal au tiers des valeurs présentées Tableau VII-12.

### VII.3.6 L'efficacité de récupération

Compte tenu des charges considérées dans les différents secteurs, la récupération est effectuée systématiquement lorsque le circuit doit être vidé de sa charge, qu'il s'agisse d'un retrofit ou d'une fin de vie d'installation. Etant donnés les temps d'immobilisation de l'installation pour un taux de récupération maximal, il est supposé que les taux de récupération (Tableau VII-13) évoluent peu.

Tableau VII-13 - Efficacité de récupération Froid industriel

Efficacité de récupération (%)	Agroalimentaire	Patinoires	Tanks à lait	Autres procédés industriels
2012	79 %	50 %	42 %	78 %

Selon JCI, les hypothèses considérées pour les patinoires sont un peu faibles, les systèmes étant désormais bien entretenus et les quantités récupérées élevées. L'information étant parvenue après le calcul réalisé pour le CITEPA, la correction sera faite lors des prochains inventaires.

## VII.4 Résultats Froid Industriel Inventaires 2012

### VII.4.1 – La banque

La banque du froid industriel est stable, estimée à 11 400 t en 2012. Elle est désormais dominée par les HFC à 50 %, la banque de R-22 se réduisant progressivement par les fins de vie et retrofit d'installations pour ne plus représenter que 14 % de la banque du froid industriel en 2012. La part de l'ammoniac est stable, de l'ordre de 35 %.

D'un point de vue sectoriel, les entrepôts constituent près de 30 % de la banque de froid industriel en 2012, suivi par l'industrie chimique (20 %) et celle de la viande (15 %).

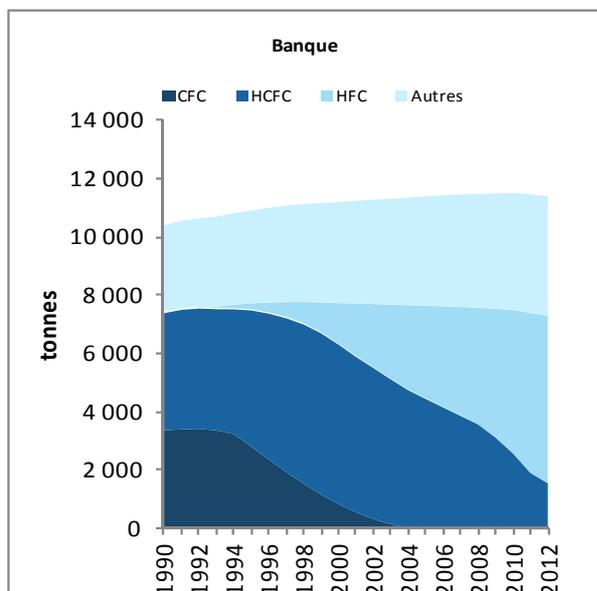


Figure VII-4 - Evolution de la banque de fluides frigorigènes du froid industriel

Tableau VII-14 - Banque 2012 – Froid Industriel

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	1 580	1 580
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	1 872	5 705
	R-404A	3 449	
	R-407C	0	
	R-410A	0	
	R-507	14	
	R-417A	67	
	R-422A	68	
	R-422D	149	
	R-427A	58	
	R-407A	18	
	R-407F	10	
	R-1234yf	0	
	Autres	R-290	
R-600a		0	
R-717		4 039	
R-744		35	
TOTAL			11 358

## VII.4.2 – La demande

La demande totale de fluides frigorigènes pour 2012 est en baisse de 15 % par rapport à 2011, principalement à cause du ralentissement des retrofits dans l'attente de la révision de la réglementation européenne. Le pic de croissance observé Figure VII-5 est lié à la demande en fluides frigorigènes pour le retrofit des installations au R-22 sur 2009-2011 ; cette demande est réduite à 200 t en 2012.

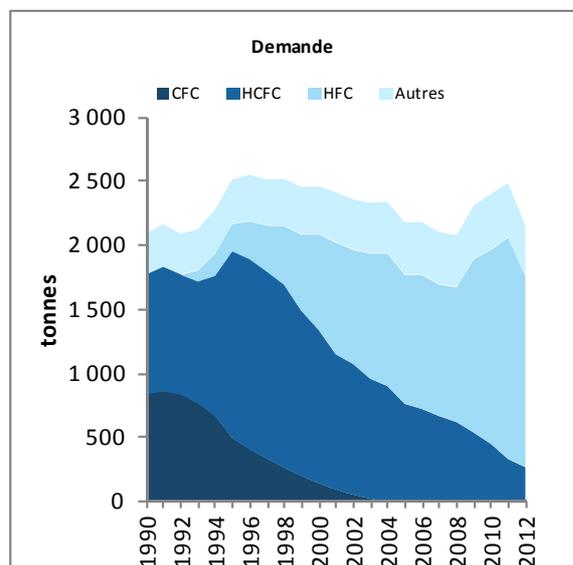


Figure VII-5 – Evolution de la demande totale de fluides frigorigènes en froid industriel

Tableau VII-15 - Demande totale 2012 – Froid Industriel

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	274	274
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	505	1 493
	R-404A	842	
	R-407C	0	
	R-410A	0	
	R-507	3	
	R-417A	28	
	R-422A	18	
	R-422D	32	
	R-427A	27	
	R-407A	24	
	R-407F	13	
	R-1234yf	0	
	Autres	R-290	
R-600a		0	
R-717		374	
R-744		17	
TOTAL			2 158

Globalement, la demande totale du froid industriel (Tableau VII-15) est dominée par le R-404A à 40 % qui, même s'il est moins utilisé en 2012 dans les installations neuves, reste fortement demandé pour la maintenance et le retrofit des équipements.

Le secteur des entrepôts utilise à lui seul un quart de la demande en R-404A de l'industrie. Quant à l'industrie chimique, selon les hypothèses ce secteur représente également 25 % de la demande totale du froid industriel.

### VII.4.3 – Les émissions totales

Le niveau 2012 des émissions totales dues à l'ensemble du secteur du froid industriel est estimé à près de 1 600 t, à 80 % constituées par les émissions fugitives du parc des installations. Les secteurs les plus émissifs sont, à l'image de la banque, l'industrie chimique (26 % des émissions) et les entrepôts (23 %).

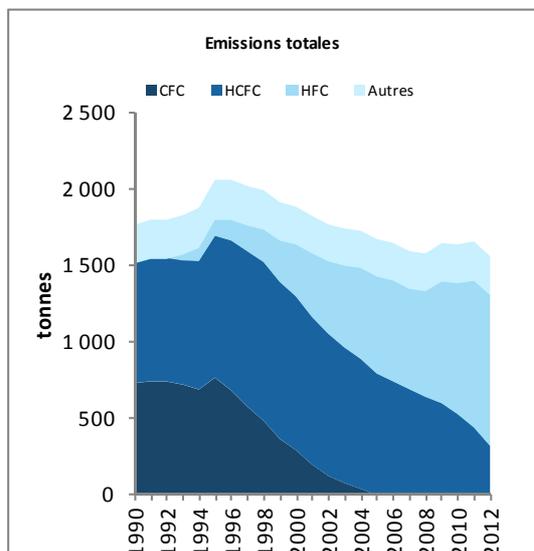


Figure VII-6 - Evolution des émissions totales de fluides frigorigènes en froid industriel

Tableau VII-16 - Emissions totales 2012 – Froid Industriel

CFC	R-12	0	0
	R-22	324	324
HCFC	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	328	988
	R-404A	582	
	R-407C	0	
	R-410A	0	
	R-507	4	
	R-417A	13	
	R-422A	14	
	R-422D	27	
	R-427A	12	
	R-407A	5	
	R-407F	2	
R-1234yf	0		
Autres	R-290	0	254
	R-600a	0	
	R-717	252	
	R-744	2	
TOTAL			1 565

Du fait des fins de vie et retrofits d'installations, les émissions de R-22 sont en forte baisse par rapport à 2011 mais représentent encore 20 % des émissions totales.

### VII.4.4 – Les émissions en équivalent CO<sub>2</sub>

Le froid industriel est responsable de près de 3 millions de tonnes d'émissions de CO<sub>2</sub> équivalent en 2012, dues à 84 % aux HFC.

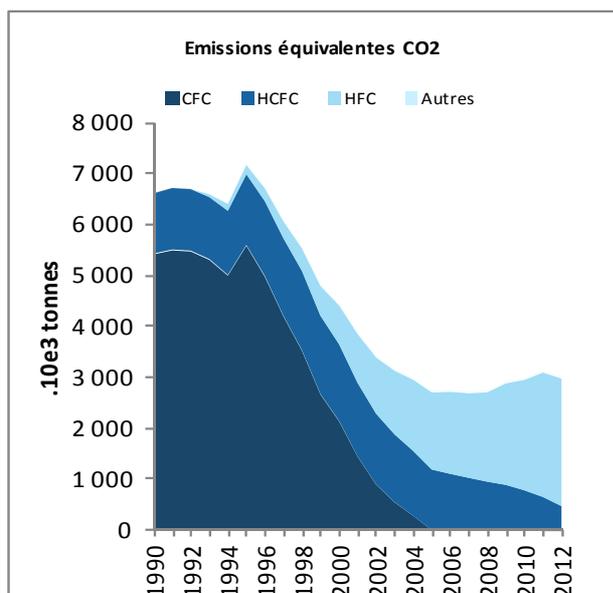


Figure VII-7 - Evolution des émissions totales en équivalent CO<sub>2</sub> en froid industriel

Tableau VII-17- Emissions totales en équivalent CO<sub>2</sub> 2012 – Froid Industriel

CFC	R-12	0	0
	R-22	486	486
HCFC	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	427	2 496
	R-404A	1899	
	R-407C	0	
	R-410A	0	
	R-507	13	
	R-417A	26	
	R-422A	35	
	R-422D	61	
	R-427A	22	
	R-407A	10	
	R-407F	5	
R-1234yf	0		
Autres	R-290	0	0
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			2 983

Les parts de l'industrie chimique et des entrepôts sont estimées à 27 % et 21 %, respectivement. Le R-404A, contribuant à 37 % des émissions totales (Tableau VII-16), il est responsable de 64 % des émissions de fluides frigorigènes en équivalent CO<sub>2</sub> (Tableau VII-17) pour le froid industriel.

#### VII.4.5 – Les quantités récupérées

Les quantités de fluides frigorigènes récupérées sont en diminution après la forte croissance de 2010-2011 (Figure VII-8), étant donnée la réduction du nombre des retrofits et conversions d'installations aux HCFC. Les quantités récupérées sont à 50 % du R-22; pour les mêmes raisons liées à la méthode de prise en compte des retrofits dans la méthode de calcul en froid commercial, ce point est à confirmer.

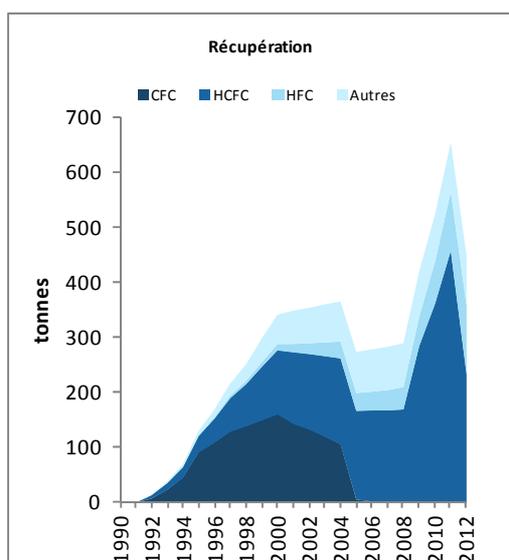


Figure VII-8 - Evolution des quantités récupérées en froid industriel

Tableau VII-18 - Quantités récupérées 2012 – Froid Industriel

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	234	234
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	53	125
	R-404A	43	
	R-407C	0	
	R-410A	0	
	R-507	2	
	R-417A	5	
	R-422A	7	
	R-422D	9	
	R-427A	5	
	R-407A	1	
	R-407F	0	
	R-1234yf	0	
Autres	R-290	0	90
	R-600a	0	
	R-717	89	
	R-744	1	
TOTAL			449

## VIII. LES GROUPES REFROIDISSEURS D'EAU (GRE)

### VIII.1 Structuration du secteur

Le secteur est décomposé en quatre types de GRE, distincts par leurs technologies de compresseurs et niveaux de puissance. Il est présenté Tableau VIII-1. Ce type de climatisation concerne essentiellement le tertiaire et l'industrie. Ce secteur inclut les GRE utilisés pour les procédés industriels, ce qui représente environ un tiers du parc (production des pneumatiques, industrie des composants électroniques).

Tableau VIII-1– Catégories composant le sous-secteur des groupes refroidisseurs d'eau

Groupes refroidisseurs d'eau	Compresseurs centrifuges	Compresseurs centrifuges
	Compresseurs volumétriques	Petite puissance (< 50 kW)
		Moyenne puissance (50 < P < 350 kW)
	Forte puissance (> 350 kW)	

### VIII.2 Données nécessaires au calcul

La méthode de calcul est rappelée Figure VIII-1. Le calcul des émissions repose ici aussi sur plusieurs paramètres :

- la production et le marché des GRE, l'ensemble des GRE étant supposé chargé en usine de production ;
- la répartition annuelle des fluides utilisés sur le marché neuf des équipements ;
- les ratios de charges en fonction de la puissance de l'équipement ;
- la courbe de durée de vie ;
- les taux d'émissions ;
- l'efficacité de récupération.

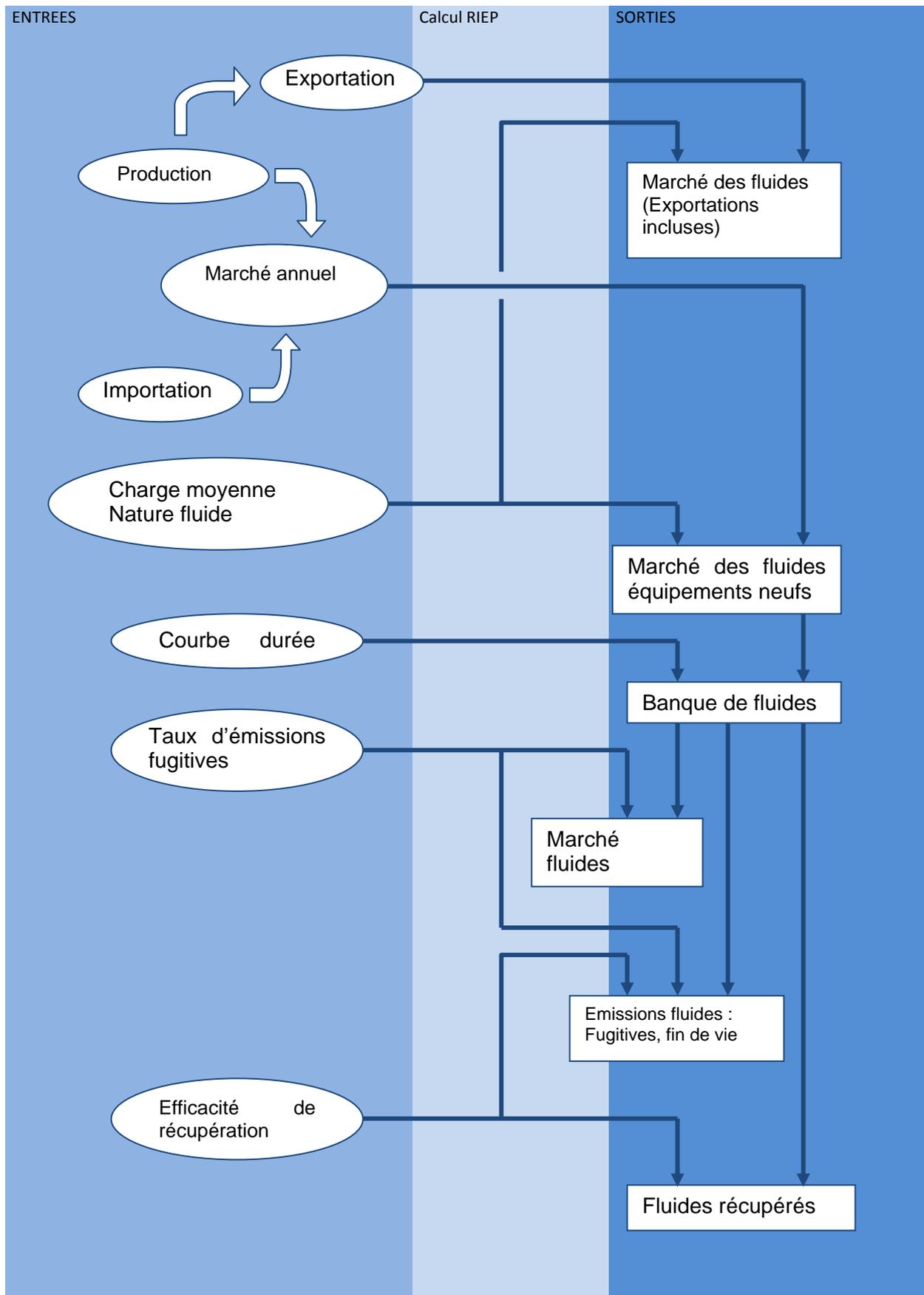


Figure VIII-1 - Organigramme de la méthode utilisée pour le secteur des GRE

### VIII.3 Les GRE en France en 2012

Des données détaillées confidentielles ont été transmises par Clim'Info [OHL13] et Uniclimate [DUP13] au CES. Il s'agit des ventes de chillers déclarées par leurs adhérents, par gamme de puissance finement décomposée, de 2005 à 2012. Ces données ont permis :

- de vérifier l'estimation des marchés sur les 7 dernières années, lesquels avaient été établis à partir de tendances plus générales, parfois communiquées sur des gammes de puissances beaucoup plus larges, et d'ainsi corriger, pour les trois gammes de puissances prises en compte par RIEP, l'évolution des marchés d'équipements ;
- De calculer les puissances moyennes pour les trois catégories de chillers volumétriques pris en compte par RIEP et de corriger la puissance moyenne prise en compte pour le calcul des charges des fortes puissances.

Sur cette base, la mise à jour 2012 a été réalisée, les chiffres 2012 sont également confidentiels.

#### VIII.3.1 Le marché

Lors des inventaires 2011, les statistiques détaillées de Clim'Info ont été utilisées pour ré-estimer les marchés d'équipements sur la période 2005-2011 pour les 3 gammes de puissances des chillers volumétriques [OHL13]. De plus, une communication de Trane [TRA98] et une de Carrier de 2002 [HUG02] ont permis de reconstituer l'historique. Les marchés par gamme de puissance détaillée nous ont à nouveau été transmis pour 2012 [OHL13].

Le Tableau VIII-2 présente la consolidation des marchés de chillers pour les trois gammes de puissances confondues afin de préserver les informations confidentielles. Les données concernant les chillers de faible puissance sont toujours à confirmer sur la période 2005-2007 car les statistiques pourraient inclure celles des PAC [DUP13].

Tableau VIII-2 Evolution corrigée des marchés GRE de 2000 à 2010 et données 2012

Marchés (nombre unités)	2000	2005	2010	2011	2012
GRE toutes puissances	6 390	850	820	1000	790
<i>Compresseurs centrifuges*</i>	49	53	56	56	44

\* Le marché des centrifuges est à confirmer. Selon rapport chillers 2008 BSRIA, le marché chillers centrifuge est difficile à estimer, mais proposé à 20 unités par an. Selon Clim Info ce niveau est bas

#### VIII.3.2 La production

Les données relatives aux productions sont confidentielles, leur estimation est difficile à obtenir. L'étude BSRIA [BSR10] donne une évaluation de la production nationale et du marché en \$ pour l'année 2008. Le rapport obtenu entre ces deux valeurs est cohérent avec celui des données de marchés et productions communiquées par Carrier pour 2002, il est supposé constant et utilisé pour estimer les niveaux de productions.

Tableau VIII-3– Estimation de la production française des GRE

Productions (nombre unités)	2000	2005	2010	2011	2012
GRE toutes puissances	17 680	23 580	12 800	12 620	11 570
<i>Compresseurs centrifuges</i>	0	195	200	210	170

### VIII.3.3 Les fluides utilisés

Les tendances de progression du R-410A et du R-407C sur le marché des chillers à compresseur volumétriques de petites et moyennes puissances, ajustées lors des inventaires 2011, sont prolongées, telles qu'au Tableau VIII-4 en tenant compte des données de Clim Info [OHL13]. Une correction a été apportée au secteur des fortes puissances en prenant en compte la tendance de [LAR12] selon laquelle le R-134a était dominant sur le marché des fortes puissances, ce qui n'avait pas été pris en compte jusqu'à présent ; les tendances du R-134a et du R-407C ont été inversées.

Tableau VIII-4 - Fluides utilisés sur le marché neuf des GRE 2010-2012

Fluides utilisés	2010	2012
GRE P < 50 kW	R-407C (31 %) R-410A (69%)	R-407C (27 %) R-410A (73 %)
GRE 50 < P < 350 kW	R-407C (45 %) R-410A (53 %) R-717 (2 %)	R-407C (4 %) R-410A (95 %) R-717 (1 %)
GRE P > 350 kW	R-407C (22,5 %) R-410A (25,5 %) R-134a (50 %) R-717 (2 %)	R-407C (35 %) R-410A (23 %) R-134a (40 %) R-717 (2 %)
Compresseurs centrifuges	R-134a (100 %)	R-134a (100 %)

### VIII.3.4 La charge moyenne

L'évolution des charges des chillers par gamme de puissance est calculée en fonction des ratios de charge par kW et des puissances frigorifiques moyennes par secteur.

Les courbes d'évolution des ratios ont été établies à partir de la donnée détaillée, pour différents niveaux de puissance, des ratios de charges caractéristiques des équipements [AFC98]. L'enquête menée lors des inventaires 2010 auprès des constructeurs de matériels avait montré que la généralisation d'évaporateurs à « film ruisselant » permettait de baisser la charge en fluide de 20 à 30 %. Les ratios de charges des GRE de forte puissance ont donc diminué et sont désormais de l'ordre de 0,2 kg/kW [COL11].

Les données du groupe Climafort [ROB10] ont montré une tendance à la réduction des charges sur les nouvelles installations (ou lors des renouvellements). Le ratio de charge des GRE de type centrifuge a été réduit à 0,3 kg/kW depuis 2008, il était estimé à 0,35 kg/kW en 2007. Cette correction est maintenue.

Ces hypothèses n'ont pas évolué pour ces inventaires (Tableau VIII-5).

Tableau VIII-5 – Ratios de charge des groupes refroidisseurs à eau mis sur le marché en 2012

RATIOS DE CHARGES (kg/ kW) 2012			
Petites puissances	Moyennes puissances	Fortes puissances	Centrifuges
0,3	0,3	0,2	0,3

Lors des inventaires 2011, la puissance moyenne des chillers volumétriques de forte puissance a été corrigée (Figure VIII-2) à la suite de la communication de données détaillées par Clim'Info [OHL13] et est maintenue sur 2012.

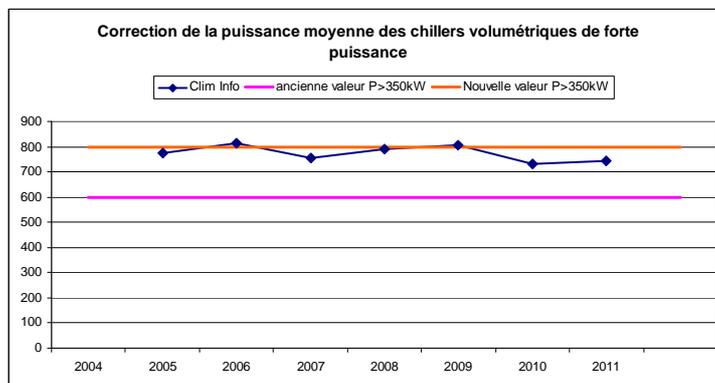


Figure VIII-2 – Correction de la puissance moyenne des chillers de forte puissance (> 350 kW)

Les valeurs moyennes pour les autres gammes n'ont pas évolué et sont maintenues à :

- 25 kW pour les GRE de puissance inférieure à 50 kW
- 110 kW pour les GRE de puissance comprise entre 50 et 350 kW
- 2 000 kW pour les GRE centrifuges.

### VIII.3.5 Courbes de durée de vie

Les courbes de durée de vie sont présentées Figure VIII-3 à Figure VIII-5. Elles sont basées sur des durées de vie moyenne de 15 ans pour les GRE de petites et moyennes puissances et de 20 et 25 ans respectivement pour les GRE de fortes puissances et les centrifuges.

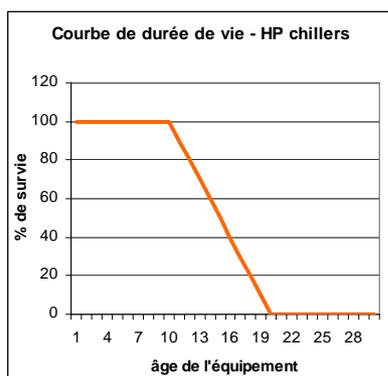


Figure VIII-3 – Courbe de durée de vie des GRE de petites et moyennes puissances

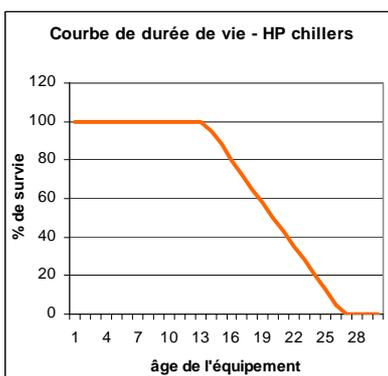


Figure VIII-4 – Courbe de durée de vie des GRE de fortes puissances

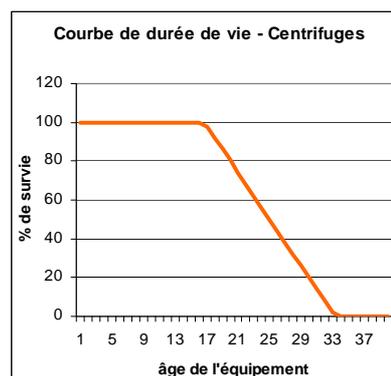


Figure VIII-5 – Courbe de durée de vie des GRE centrifuges

### VIII.3.6 Niveaux d'émissions

Les caractéristiques de taux d'émissions fugitives dépendent des niveaux de puissance des équipements. Peu de données soient disponibles, les niveaux d'émissions des équipements neufs sont supposés stables sur 2010-2012 et une poursuite de la tendance à l'amélioration de la récupération en fin de vie des équipements (Tableau VIII-6).

Tableau VIII-6– Taux d'émissions et efficacité de récupération en fin de vie des GRE en 2012

GRE	Petite puissance	Moyenne puissance	Forte puissance	Centrifuges
Taux d'émission (%)	10 %	5 %	5 %	3,5 %
Récupération fin de vie (%)	75 %	75 %	75 %	80 %

Pour les GRE centrifuges, les données détaillées des niveaux d'émissions du parc des GRE transmises par le groupe Climafort n'ont pu être communiquées cette année mais la tendance à la décroissance apparaissant dans les dernières tendances [ROB10] est poursuivie.

## VIII.4 Résultats GRE – Inventaires 2012

### VIII.4.1 – La banque

La banque du secteur des GRE est en décroissance de 4 % par rapport à 2011, estimée à 8 350 t en 2012. Elle est désormais dominée par le R-407C, à 30 %, la banque de R-22 étant réduite à 2 000 t du fait de nombreux retrofits et renouvellements d'installations depuis 2009.

D'un point de vue sectoriel, la banque totale des GRE est constituée :

- à 11 % par les chillers centrifuges
- à 59 % par les chillers volumétriques de puissance supérieure à 350 kW
- à 22 % par les moyennes puissances
- et à 8 % par les puissances inférieures à 50 kW.

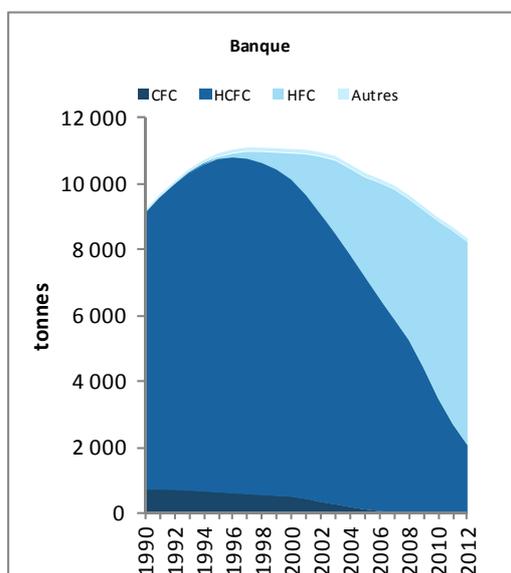


Figure VIII-6 - Evolution de la banque de fluides frigorigènes des GRE

Tableau VIII-7 - Banque 2012 – Chillers

CFC	R-12	0	0
	R-22	2 081	2 081
HCFC	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	2 088	6 173
	R-404A	0	
	R-407C	2 568	
	R-410A	1 004	
	R-507	0	
	R-417A	0	
	R-422A	0	
	R-422D	345	
	R-427A	168	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
R-1234yf	0		
Autres	R-290	0	98
	R-600a	0	
	R-717	98	
	R-744	0	
TOTAL			8 352

Parmi les HFC, c'est la banque de R-410A qui croît le plus significativement, de 17 % entre 2011 et 2012.

### VIII.4.2 – La demande

La demande totale pour les GRE est globalement en baisse (Figure VIII-7), les marchés et productions étant réduits par rapport aux niveaux 2005-2007 d'une part et les taux d'émissions des équipements neufs ayant fortement diminué au cours des dix dernières années d'autre part. La demande totale en fluides frigorigènes est estimée à 1 700 t pour les GRE, dont près de la moitié pour la maintenance du parc.

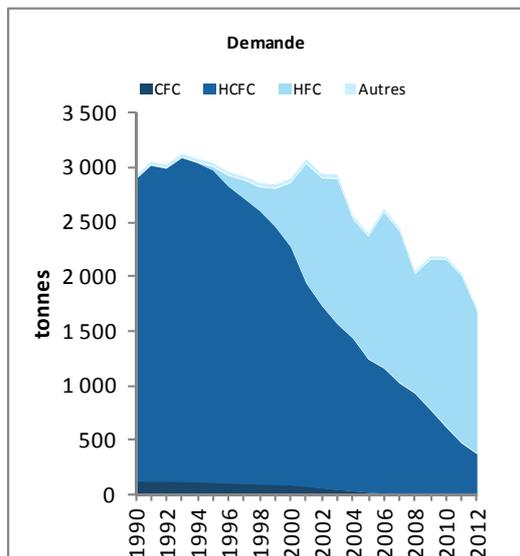


Figure VIII-7 – Evolution de la demande totale de fluides frigorigènes en froid industriel

Tableau VIII-8 - Demande totale 2012 – Groupes Refroidisseurs à Eau

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	378	378
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	433	1 301
	R-404A	0	
	R-407C	332	
	R-410A	362	
	R-507	0	
	R-417A	0	
	R-422A	0	
	R-422D	125	
	R-427A	49	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
R-1234yf	0		
Autres	R-290	0	17
	R-600a	0	
	R-717	17	
	R-744	0	
TOTAL			1 696

Près d'un quart de la demande est encore constituée par le R-22 nécessaire à la maintenance des chillers fonctionnant encore avec des HCFC. Les R-134a domine légèrement la demande en HFC, à 25 %.

### VIII.4.3 – Les émissions totales

Le renouvellement du parc d'équipements fonctionnant avec des HCFC et la baisse des taux d'émissions sur le marché neuf des chillers conduisent à une réduction du niveau d'émissions du secteur (Figure VIII-8), à 1 200 t en 2012, soit 10 % de moins qu'en 2011. C'est le secteur des chillers de forte puissance qui, à l'image de la banque, domine les émissions à 60 %.

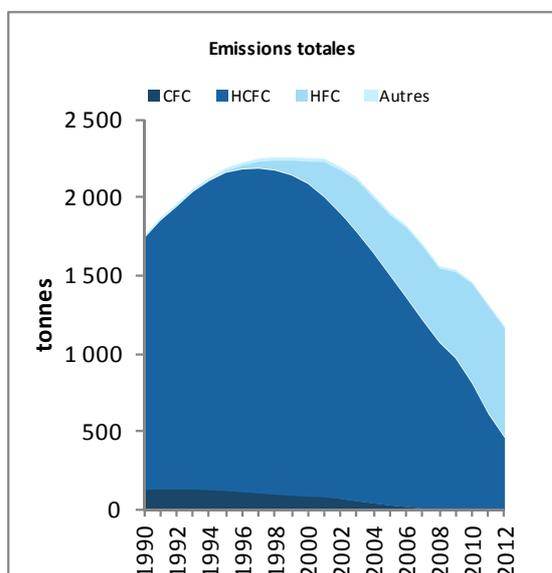


Figure VIII-8 - Evolution des émissions totales de fluides frigorigènes en froid industriel

Tableau VIII-9 - Emissions totales 2012 – Groupes Refroidisseurs à Eau

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	466	466
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	242	699
	R-404A	0	
	R-407C	253	
	R-410A	97	
	R-507	0	
	R-417A	0	
	R-422A	0	
	R-422D	73	
	R-427A	35	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
R-1234yf	0		
Autres	R-290	0	12
	R-600a	0	
	R-717	12	
	R-744	0	
TOTAL			1 177

Du fait de la diminution de la banque de HCFC, les émissions de R-22 baissent de 25 % par rapport à 2011 mais représentent encore 40 % des émissions totales du secteur des GRE.

### VIII.4.4 – Les émissions en équivalent CO<sub>2</sub>

Les émissions du secteur des GRE s'élèvent à 1,8 millions de tonnes d'équivalent CO<sub>2</sub> en 2012, également en baisse de 10 % par rapport à 2011. Les fluides utilisés dans le secteur des chillers ayant des GWP relativement proches, la répartition sectorielle des émissions équivalentes CO<sub>2</sub> est assez similaire à celles des émissions totales, dominée par les chillers de forte puissance à 60 %.

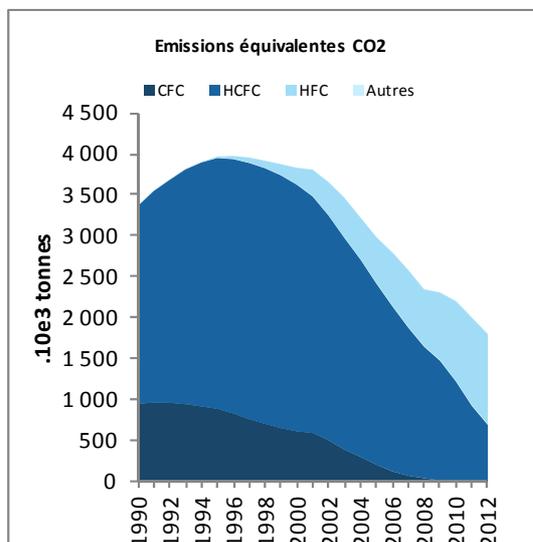


Figure VIII-9 - Evolution des émissions totales en équivalent CO<sub>2</sub> en froid industriel

Tableau VIII-10 - Emissions totales en équivalent CO<sub>2</sub> 2012 – Groupes Refroidisseurs à Eau

CFC	R-12	1	1
	R-22	698	698
HCFC	R-408A	0	
	R-401A	0	
	HFC	R-134a	315
R-404A		0	
R-407C		386	
R-410A		167	
R-507		0	
R-417A		0	
R-422A		0	
R-422D		163	
R-427A		63	
R-407A		0	
R-407F		0	
R-1234yf		0	
Autres	R-290	0	0
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			1 793

### VIII.4.5 – Les quantités récupérées

Les quantités de fluides frigorigènes récupérées sont en légère baisse par rapport à 2011, les retrofits d'installations étant moins nombreux qu'en 2010-2011. Logiquement, les quantités récupérées sont principalement du R-22 (70 %).

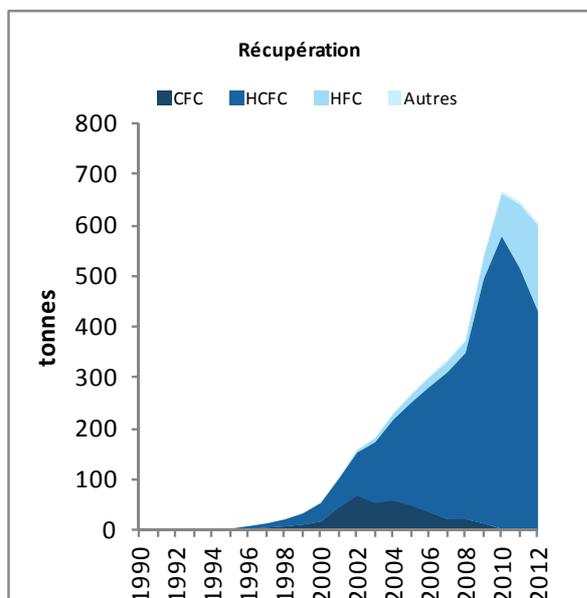


Figure VIII-10 - Evolution des quantités récupérées en froid industriel

Tableau VIII-11 - Quantités récupérées 2011 – Groupes Refroidisseurs à Eau

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	432	432
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	65	170
	R-404A	0	
	R-407C	35	
	R-410A	1	
	R-507	0	
	R-417A	0	
	R-422A	0	
	R-422D	46	
	R-427A	22	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
	R-1234yf	0	
Autres	R-290	0	4
	R-600a	0	
	R-717	4	
	R-744	0	
TOTAL			606

## IX. LA CLIMATISATION A AIR

### IX.1- Structuration du secteur

Les équipements de climatisation à air peuvent se classer en deux sous-secteurs, distincts par leurs niveaux de puissance : celui de la climatisation individuelle (< 17,5 kW) et celui de la climatisation autonome. Historiquement, les informations statistiques en France étaient généralement disponibles pour neuf types d'équipements récapitulés Tableau IX-1, mais depuis 2004 les climatiseurs mobiles ne sont plus officiellement suivis par les associations de constructeurs, une trop grande part étant issue d'un marché non contrôlé.

Tableau IX-1 – Types d'équipements composant le sous-secteur de la climatisation à air

Climatisation à air	
Climatisation individuelle : P < 17,5 kW	Climatisation autonome : P > 17,5 kW
Climatiseur mobile (ou Mobile) Climatiseur fenêtre (ou Window) Mono-split Multi-split	Armoires verticales (ou Consoles) DRV (Débit Réfrigérant Variable) (ou VRV) Split et Multi-split (ou Central AC) Roof top Armoire spéciale (ou Cabinet)

Les équipements frigorifiques des petits bateaux de croisière sont inclus dans les différentes catégories du secteur de la climatisation fixe.

### IX.2 - Données nécessaires au calcul

La méthode de calcul adoptée est la même que pour les GRE (Figure VIII-1).

Dans le secteur de la climatisation à air, certains équipements sont chargés en usine (lieux de production), mais d'autres sur site (ou lieu de vente). Dans le premier cas, la production des équipements, exportations incluses, doit être prise en compte pour estimer le marché de fluides ; dans le second cas c'est le marché (Figure IX-1).

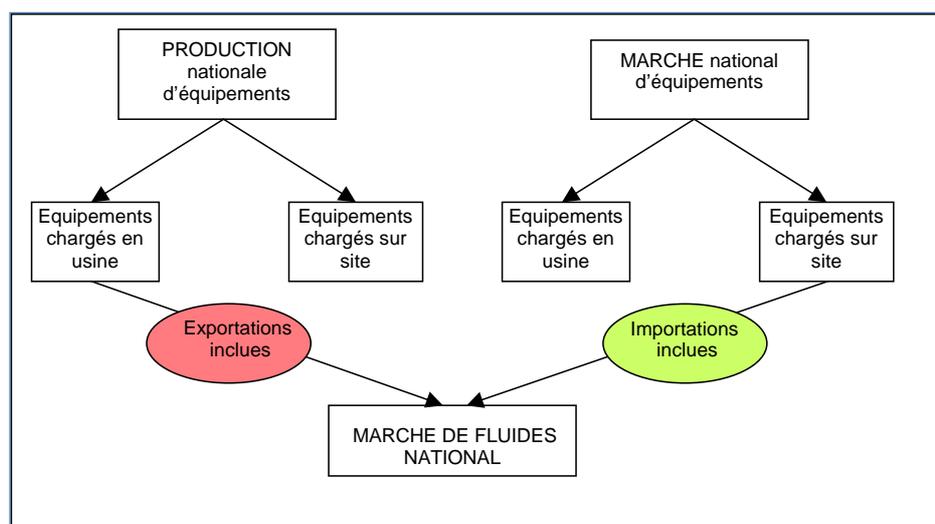


Figure IX-1 – Prise en compte des lieux de charge dans le calcul du marché des fluides frigorigènes, pour le secteur de la climatisation à air

Par ailleurs, comme pour le calcul des GRE, les paramètres suivants sont nécessaires au calcul des émissions :

- la répartition annuelle des fluides utilisés sur le marché neuf
- la charge moyenne par type d'équipements (ou le ratio nécessaire à son calcul)
- la durée de vie
- les taux d'émissions
- l'efficacité de récupération

## IX.3 - La climatisation à air en 2012 en France

### IX.3.1 - Le marché

Comme chaque année, les statistiques de marchés publiées par Clim'Info [CLI13] et Uniclimate [UNI13] sont utilisées. Les statistiques des consoles qui n'étaient plus publiées depuis 2004 ont été communiquées par Clim Info à la demande du CES et corrigées sur la période 2005-2012.

Depuis 2003-2004, les marchés des équipements de type « mobiles » ne sont pas évalués par Clim'Info, les données des adhérents n'étant plus significatives du marché de ce secteur. Les marchés 2004-2010 ont été estimés en fonction des ordres de grandeurs communiqués par Uniclimate et l'étude BSRIA [BSR08]. Dans le rapport sur la production de gaz à effet de serre des systèmes de climatisation [RAP12], le ministère de l'Ecologie cite une étude de marchés réalisée dans le cadre de la mise en place de la directive européenne Eco-conception selon laquelle le marché des mobiles serait revenu au niveau de 70 000 unités. Cet ordre de grandeur a été pris en compte dans le calcul, en corrigeant les marchés à ce niveau depuis 2009.

Le Tableau IX-2 récapitule les statistiques de marchés disponibles et les valeurs estimées pour 2012.

Tableau IX-2– Marchés des équipements de la climatisation à air

Marchés	Climatisation individuelle					Climatisation autonome				
	Mobile*	Clim. fenêtre	Console	Split system	Multi split system	Armoires verticales	DRV	Split et multi split	Roof top	Armoire spéciale
2012	70 000	1 594	2 156	255 488	78 287	565	14 795	4 113	2 300	1 064

\* données marchés ayant une incertitude élevée.

### IX.3.2 - La production

Le Tableau IX-3 rappelle les modes de charge des différents équipements de la climatisation à air. De façon générale, les équipements de grandes puissances sont chargés sur site et ceux de petites puissances en usine. Les productions d'équipements doivent être estimées pour les équipements chargés d'usine ; dans les autres cas, c'est la connaissance du marché qui permet d'évaluer la demande en fluides frigorigènes pour les équipements neufs.

Tableau IX-3– Modes de charges en fluides frigorigènes des équipements

Sous-secteur	Niveau de Puissance	Mode de charge
Climatiseurs mobiles	1 kW < P < 2 kW	Chargé en usine
Climatisation de fenêtre	2 kW < P < 3 kW	Chargé en usine
Mono split	5 kW < P < 17 kW	Chargé en usine
Multi split	8 kW < P < 25 kW	Chargé sur site
Armoires verticales	P > 17,5 kW	Chargé sur site
DRV (Débit Réfrigérant Variable)	P > 17,5 kW	Chargé sur site
Split et Multi split	P > 17,5 kW	Chargé sur site
Roof top	P > 17,5 kW	Chargé en usine
Armoires spéciales	P > 17,5 kW	Chargé sur site

Le Tableau IX-4 présente les estimations des productions des équipements en 2012. Ces estimations sont basées sur les évaluations BSRIA de 2004 ([BSR08]) ; le ratio entre les quantités produites et mises sur le marché est considéré constant au cours du temps.

Tableau IX-4 – Estimation de la production française des principaux équipements

Production	Données BSRIA année 2004	Estimation 2012
Climatiseurs mobiles	6 900	7 000
Climatiseurs fenêtre	2 760	360
Mono split	28 500	16 500
Roof top	4 237	1 900

Les valeurs du Tableau IX-4 sont à prendre avec précaution, signalées par BSRIA comme marquées d'une forte incertitude.

### IX.3.3- Les fluides utilisés

Les évolutions des fluides utilisés sur le marché neuf des équipements ont été mise à jour grâce aux données confidentielles communiquées par Clim'Info, des ventes par type d'équipement et par fluides ([CLI13] et [CON13]). Une correction a été apportée aux applications de type multisplits P>17,5 kW. Les hypothèses des fluides utilisés en 2010 et 2012 sont récapitulées Tableau IX-5 et montrent une forte pénétration du R-410A.

Tableau IX-5– Fluides sur le marché neuf de la climatisation à air en 2012

Fluides	2010	2012
Climatiseurs mobiles	100 % R-410A	100 % R-410A
Climatisation de fenêtre	100 % R-410A	100 % R-410A
Mono split	2 % R-407C, 98 % R-410A	1 % R-407C, 99 % R-410A
Multi split	14 % R-407C, 86 % R-410A	2 % R-407C, 98 % R-410A
Armoires verticales	26 % R-407C, 55 % R-410A, 19 % R-134a	20 % R-407C, 62 % R-410A, 18 % R-134a
DRV	25 % R-407C, 57 % R-410A, 18 % R-134a	25 % R-407C, 60 % R-410A, 15 % R-134a
Split et Multi split	5 % R-407C, 95 % R-410A	5 % R-407C, 95 % R-410A
Roof top	27 % R-407C, 73 % R-410A	20 % R-407C, 80 % R-410A

### IX.3.4 - La charge moyenne

Les charges moyennes des équipements constituant les neuf catégories de la climatisation à air ont été établies à partir des données fournisseurs [TOC02] et sont supposées constantes par catégorie (Tableau IX-6). A la suite des inventaires européens réalisés pour le compte d'EPEE [CLO11], il a été envisagé d'augmenter la charge des multisplits à 5 kg car, pour les fortes puissances, la charge de cette catégorie d'équipements peut être nettement plus élevée (jusqu'à 7 kg). Lors des inventaires 2010, des tests de calculs ont été réalisés avec une charge moyenne de 5 kg mais la demande reconstituée ne permettait alors plus de recouper de façon satisfaisante les marchés de R-407C et de R-410A sur la période 2005-2010. Dans le cadre des inventaires 2011, des données complémentaires reçues de Clim Info concernant les ventes de multisplits par gamme de puissance ont conforté le choix du maintien de la charge à 1,5 kg. En effet, en prenant en compte un ratio de charge de 0,25 kg/kW, la répartition des ventes 2011 par gamme de puissance permet d'obtenir une charge moyenne pondérée par les marchés de 1,46 kg.

Tableau IX-6– Charges nominales des équipements de la climatisation à air

CHARGES (kg)								
Mobile	Clim. de fenêtre	Split system	Multi split system	Armoires verticales	DRV	Split et multi split >17,5 kW	Roof top	Armoires spéciales
0,5	0,6	1	1,5	2,8	9	5	17 à 26	18

Dans le cas des rooftops, la réduction de la charge liée à l'utilisation du R-410A a été prise en compte. Les rooftops récents fonctionnant au R-410A ont des charges moyennes de l'ordre de 17 kg [CAR08], inférieures à celles des rooftops au R-22 ou au R-407C qui sont de l'ordre de 26 kg. Une réduction de la charge moyenne a été appliquée aux marchés d'équipements à partir de 2006 en fonction de la progression du R-410A.

### IX.3.5 - Courbes de durée de vie

Dans le secteur de la climatisation à air, trois types de courbes de durée de vie ont été établis, en fonction des durées de vie moyennes qui caractérisent jusqu'à présent les équipements. Elles sont présentées Figure IX-2 à Figure IX-4. Ces hypothèses n'ont pas évolué.

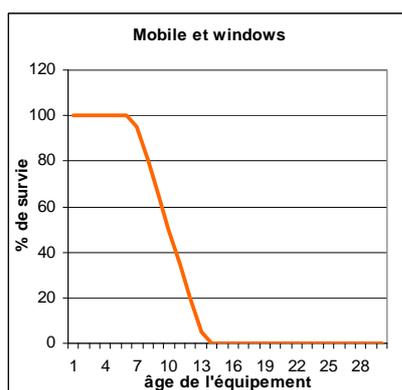


Figure IX-2– Courbe de durée de vie des équipements de type mobile et climatisation fenêtre

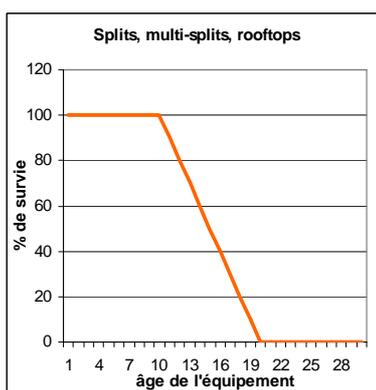


Figure IX-3 – Courbe de durée de vie des équipements de type split, multi split et roof top

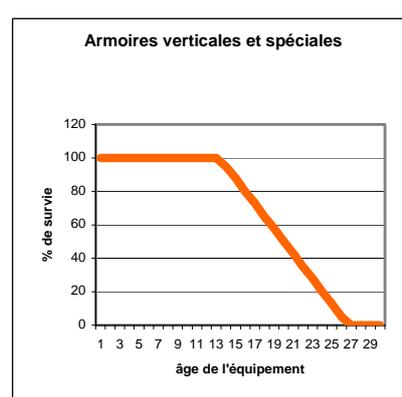


Figure IX-4– Courbe de durée de vie des équipements de type armoire

### IX.3.6 - Facteurs d'émissions

Les taux d'émissions caractérisant les équipements neufs de climatisation à air sont présentés Tableau IX-7, ainsi que les niveaux d'efficacité de récupération des filières associées. Les taux d'émissions ont été évalués d'après les données constructeurs [TOC06] et les retours d'expérience. A la suite des inventaires européens [CLO11] et des communications de fabricants d'équipements membres d'EPEE, les taux d'émissions des multisplits, considérés surestimés, ont été corrigés à la baisse selon des courbes d'évolution « en S ». Par ailleurs, dans tous les sous-secteurs d'équipements, les hypothèses tiennent compte de l'amélioration des niveaux d'émissions des équipements neufs et des pratiques d'entretien et de fin de vie. Une homogénéisation des courbes de tendance a été faite dans ces inventaires pour les applications de même type sur lesquelles seules des données qualitatives sont disponibles.

Tableau IX-7– Facteurs d'émissions des équipements de la climatisation à air

Facteurs d'émissions climatisation à air 2012								
	Mobile	Clim. de fenêtre	Split system	Multi split system	Armoires verticales	DRV	Split et multi split	Roof top
Taux d'émissions	2 %	2 %	5 %	5 %	5 %	10 %	6 %	5 %
Récupération fin de vie	10 %	10 %	15 %	25 %	20 %	75 %	65 %	75 %

## IX.4 - Résultats de la climatisation à air – Inventaires 2012

### IX.4.1 – La banque

La banque des équipements de climatisation à air est toujours en croissance, de 4 % par rapport 2011. Elle est estimée à 8 100 t en 2012, dominée par le R-410A à 57 % et, d'un point de vue sectoriel, par la banque des splits (41 %) et des multisplits (22 %).

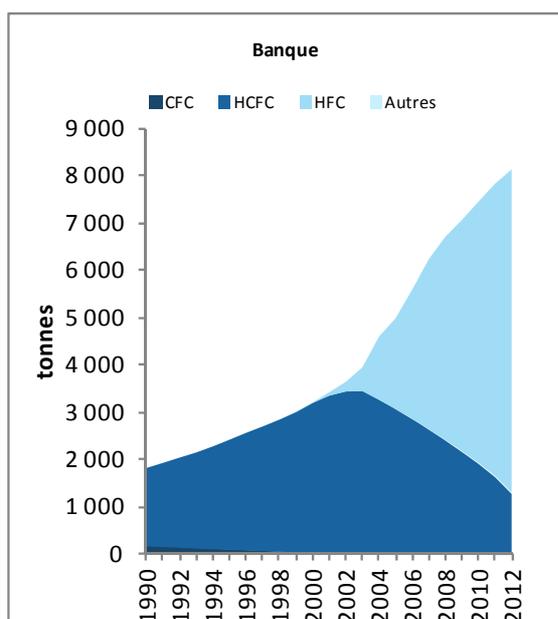


Figure IX-5 - Evolution de la banque de fluides frigorigènes de la climatisation à air

Tableau IX-8 - Banque 2012 – La climatisation à air

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	1 274	1 274
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	209	6 866
	R-404A	0	
	R-407C	1 920	
	R-410A	4 626	
	R-507	0	
	R-417A	107	
	R-422A	0	
	R-422D	4	
	R-427A	0	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
	R-1234yf	0	
Autres	R-290	0	0
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			8 140

### IX.4.2 – La demande

La demande totale du secteur de la climatisation à air est évaluée à 1 140 t en 2012 dont plus de la moitié utilisée pour la maintenance du parc. Cette demande est oscillante (Figure IX-6), à cause de la demande pour la maintenance des équipements qui est très irrégulière selon les années.

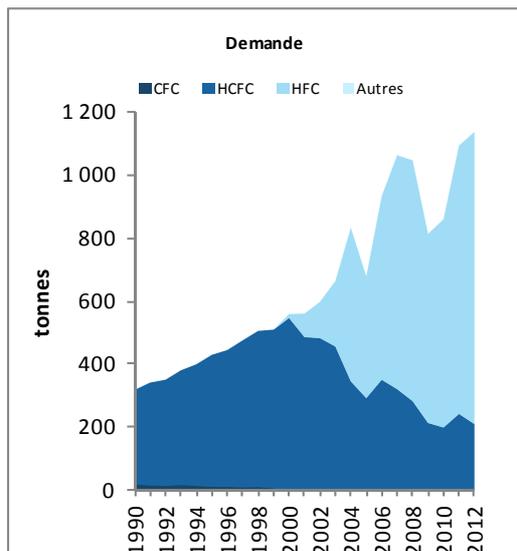


Figure IX-6 – Evolution de la demande totale de fluides frigorigènes pour la climatisation à air.

Tableau IX-9 - Demande totale 2012 –Climatisation à air

CFC	R-12	0	0
	R-22	212	212
HCFC	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	46	924
	R-404A	0	
	R-407C	202	
	R-410A	566	
	R-507	0	
	R-417A	110	
	R-422A	0	
	R-422D	0	
	R-427A	0	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
	R-1234yf	0	
Autres	R-290	0	0
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			1 137

Les résultats présentés au Tableau IX-9 sont marqués d'une forte incertitude, les données de production des équipements chargés d'usine étant peu précises. Le R-410A domine la demande pour à 50 %, le R-22 encore utilisé pour la maintenance représentant 19 % de la demande totale. Les équipements de type multisplits utilisent un tiers des quantités de fluides frigorigènes dédiées à la maintenance du secteur et les splits, 38 %.

### IX.4.3 – Les émissions totales

Les émissions totales du secteur de la climatisation à air sont estimées à 900 t pour 2012, en croissance de 11 % par rapport à 2011 du fait de la croissance du parc d'équipements.

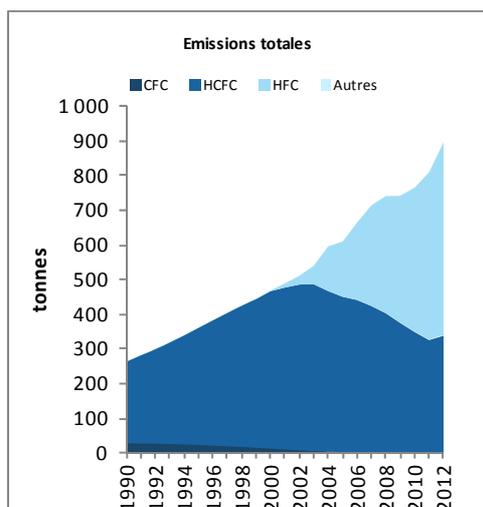


Figure IX-7 - Evolution des émissions totales de fluides frigorigènes des équipements de climatisation à air.

Tableau IX-10 - Emissions totales 2012 – Climatisation à air

CFC	R-12	0	0
	R-22	337	337
HCFC	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	25	557
	R-404A	0	
	R-407C	164	
	R-410A	340	
	R-507	0	
	R-417A	28	
	R-422A	0	
	R-422D	1	
	R-427A	0	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
	R-1234yf	0	
Autres	R-290	0	0
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			894

Les émissions sont encore dominées à 37 % par le R-22 (Tableau IX-2) encore présent, notamment dans les splits et multiplits dont les taux d'émissions étaient plus élevés sur le passé.

#### IX.4.4 – Les émissions en équivalent CO<sub>2</sub>

En équivalent CO<sub>2</sub>, les émissions du secteur de la climatisation à air s'élèvent à 1,4 million de tonnes. Les GWP des fluides utilisés dans ce secteur sont proches, ce qui explique que l'évolution des émissions CO<sub>2</sub> (Figure IX-8) et celle des émissions totales (Figure IX-7) aient la même allure. Les émissions équivalentes CO<sub>2</sub> sont cette fois dominée par le R-410A (GWP=1 730) à 41 % et plus par le R-22 (GWP=1 500).

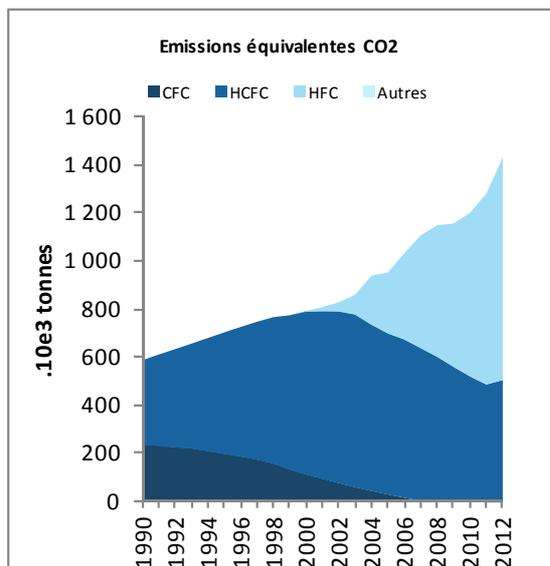


Figure IX-8 - Evolution des émissions totales en équivalent CO<sub>2</sub> de la climatisation à air

Tableau IX-11 - Emissions totales en équivalent CO<sub>2</sub> 2012 – Climatisation à air

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	505	505
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	32	927
	R-404A	0	
	R-407C	250	
	R-410A	589	
	R-507	0	
	R-417A	55	
	R-422A	0	
	R-422D	2	
	R-427A	0	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
	R-1234yf	0	
Autres	R-290	0	0
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			1 432

#### IX.4.5 – Les quantités récupérées

Le niveau des quantités récupérées est faible, de l'ordre de 140 tonnes en 2012, une partie des équipements de ce secteur, la climatisation domestique, n'étant quasiment pas traitée en fin de vie. La croissance observée Figure IX-9 est due aux retrofits d'équipements de la climatisation tertiaire qui utilisaient des HCFC, principalement les rooftops.

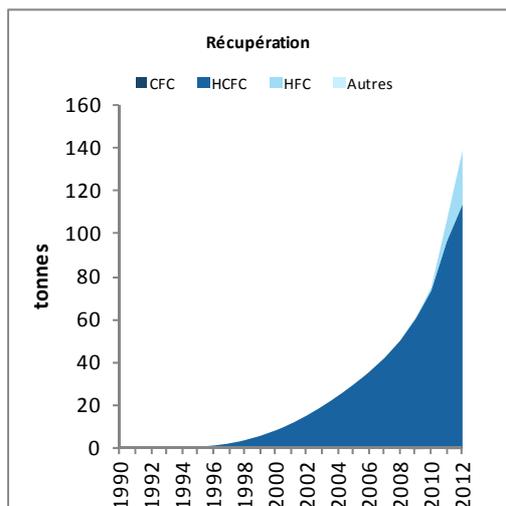


Figure IX-9 - Evolution des quantités récupérées de la climatisation à air

Tableau IX-12 - Quantités récupérées 2012 – Clim à air.

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	114	114
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	2	25
	R-404A	0	
	R-407C	7	
	R-410A	9	
	R-507	0	
	R-417A	7	
	R-422A	0	
	R-422D	0	
	R-427A	0	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
	R-1234yf	0	
Autres	R-290	0	0
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			139

## X. LES POMPES A CHALEUR RESIDENTIELLES (PAC)

### X.1 Structuration du secteur

Les pompes à chaleur (PAC) peuvent être regroupées en deux grandes familles :

- les PAC géothermales qui puisent la chaleur dans le sol ou l'eau d'une nappe par l'intermédiaire d'un réseau de capteurs ou de forages ;
- les PAC aérothermiques qui la puisent directement dans l'air ambiant, extérieur ou intérieur au logement.

Les PAC air/air et air/eau forment les modèles aérothermiques. Les PAC sol/sol, sol/eau, eau/eau et eau glycolée/eau constituent les PAC géothermales (dans les appellations, le premier terme désigne l'origine du prélèvement, le second le mode de distribution de la chaleur). Dans le cas de la PAC eau glycolée / eau, la chaleur est puisée dans le sol au moyen de capteurs enterrés où circule de l'eau glycolée.

Dans RIEP, les pompes à chaleur de type air/air sont déjà comptabilisées parmi les équipements de la climatisation à air, de type split ou « multi-splits ». Il a donc été choisi de structurer ce secteur en quatre sous-secteurs :

- les PAC air/eau, secteur connaissant le développement le plus grand
- les PAC sol/sol
- les PAC eau/eau et eau glycolée/eau
- les PAC sol/eau.

### X.2 Données nécessaires au calcul

La méthode de calcul du secteur des pompes à chaleur résidentielles est la même que celle de la climatisation à air et des GRE, présentée Figure VIII-1. Le calcul des émissions repose ici aussi sur plusieurs paramètres :

- la production et le marché  
Les valeurs annuelles de la production française doivent être estimées pour chaque type de PAC, les équipements étant chargés en usine, excepté pour les PAC sol/sol qui sont chargés sur site.
- la répartition annuelle des fluides utilisés sur le marché neuf
- la charge moyenne par type d'équipement
- la courbe de durée de vie
- les taux d'émissions
- l'efficacité de récupération

### X.3 Les PAC en France en 2012

Ce secteur n'est pas traité au niveau des DOM COM.

#### X.3.1 - Le marché et la production

Les marchés des PAC étaient historiquement publiés par l'AFPAC et, depuis 2010 par PAC&Clim'Info. Les marchés des 4 types de PAC ont été vérifiés et corrigés de 2008 à 2011 en fonction des valeurs publiées dans [AFP12] dans les inventaires 2011. La mise à jour 2012 s'appuie sur les données Clim'Info [PAC13]. Les valeurs 2010-2012 sont présentées au Tableau X-1.

Tableau X-1 – Marché des PAC résidentielles

PAC	2010	2012
Air/ eau	53 854	52 214
Eau/eau	6 658	4 888
Sol/sol	1 548	902
Sol/eau	751	658

Dans l'attente de données plus précises, la production de PAC prise en compte est équivalente à 10 % du marché, excepté dans le secteur des PAC air/eau où elle est estimée à 60 % du marché français à partir de 2008 [DUP11].

### **X.3.2 - Les fluides utilisés**

Dans le cadre des inventaires 2012, des données concernant les marchés de PAC par type de fluide ont été communiquées au CES par Clim Info. Ces données sont à confirmer car les catégories RIEP sont différentes de celles de Clim Info. Elles ont cependant conduit à des premières corrections, notamment dans l'évolution des fluides des catégories autres que les PAC air/eau pour lesquelles la part du R-410A était surestimée. Par ailleurs, les premières PAC utilisant des hydrocarbures (propane) ont été mises sur le marché [PAC13]. Les hypothèses 2012 sont récapitulées au Tableau X-2.

Tableau X-2– Fluides utilisés sur le marché neuf des PAC résidentielles en 2010-2012

Fluides utilisés 2012	R-410A	R-407C	R-134a	R-290
PAC air/eau	90 %	7 %	1 %	2 %
PAC eau/eau	40 %	55 %	5 %	-
PAC sol/eau	40 %	55 %	5 %	-
PAC sol/sol	40 %	55 %	5 %	-

### **X.3.3 - La charge moyenne**

A la suite des inventaires européens [CLO11], la charge moyenne des PAC sol/eau a été corrigée à 15 kg. Les hypothèses n'ont pas évolué dans le cadre des inventaires 2012 et sont rappelées au Tableau X-3.

Tableau X-3– Charges moyennes des PAC résidentielles

PAC	Air/eau	Eau/ eau	Sol/ eau	Sol/ sol
Charge moyenne	3,5 kg	2,5 kg	15 kg	15 kg

### **X.3.4 - Courbe de durée de vie**

Pour les quatre types de pompes à chaleur, il est pris en compte la courbe de durée de vie présentée basée sur une durée de vie moyenne de 15 ans. Cette hypothèse n'a pas évolué.

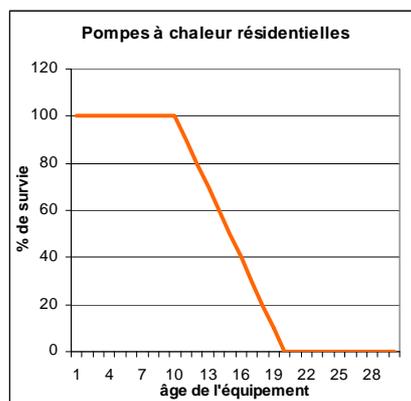


Figure X-1 - Courbe de durée de vie des pompes à chaleur résidentielles

### X.3.5 Facteurs d'émissions

Les taux d'émissions associés aux PAC sont faibles. De l'ordre de 10 % dans les années 1990, ils ont été réduits aux valeurs présentées Tableau X-4. Il est également pris en compte une progression de l'efficacité de récupération en fin de vie des PAC selon une courbe « en S », débutée en 2003.

Tableau X-4– Taux d'émissions des PAC résidentielles

PAC	Sol/eau	Autres
Taux d'émissions 2012	5 %	2 %
Efficacité de récupération 2012	30 %	30 %

## X.4 Résultats des PAC – Inventaires 2012

### X.4.1 – La banque

La banque des PAC est estimée à 2 900 t en 2012. Sa croissance est plus modérée depuis 2009, elle progresse de 7 % par rapport à 2011 et représente 5 % de la banque totale de fluides frigorigènes en France

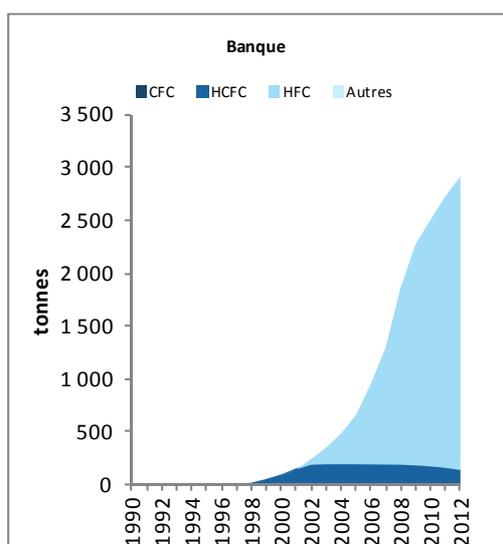


Figure X-2 - Evolution de la banque de fluides frigorigènes des PAC

Tableau X-5 - Banque 2012 – PAC

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	146	146
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	135	2 772
	R-404A	0	
	R-407C	1 042	
	R-410A	1 536	
	R-507	0	
	R-417A	59	
	R-422A	0	
	R-422D	0	
	R-427A	0	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
	R-1234yf	0	
Autres	R-290	7	7
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			2 926

Les corrections apportées à l'évolution des fluides utilisées dans les PAC eau/eau, sol/eau et sol/sol à la suite des communications de Clim Info conduisent à une modification de l'allure de la banque. Elle reste néanmoins majoritairement constituée de R-410A (Tableau X-5).

### X.4.2 – La demande

Depuis 2008, la demande totale est en baisse, à cause de la chute du marché des PAC. Son niveau est à confirmer, les données de production d'équipement n'étant pas précisément connues.

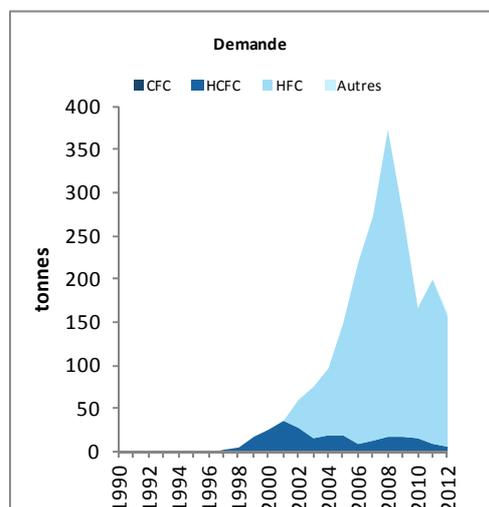


Figure X-3 – Evolution de la demande totale de fluides frigorigènes pour les PAC

Tableau X-6 - Demande totale 2012 – PAC

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	7	7
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	3	150
	R-404A	0	
	R-407C	40	
	R-410A	107	
	R-507	0	
	R-417A	0	
	R-422A	0	
	R-422D	0	
	R-427A	0	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
R-1234yf	0		
Autres	R-290	4	4
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			161

Dans ce secteur, la maintenance des équipements n'étant pas annuelle, la demande en fluides frigorigènes oscille, les taux d'émissions étant très faibles; elle est de l'ordre de 40 t en 2012.

### X.4.3 – Les émissions totales

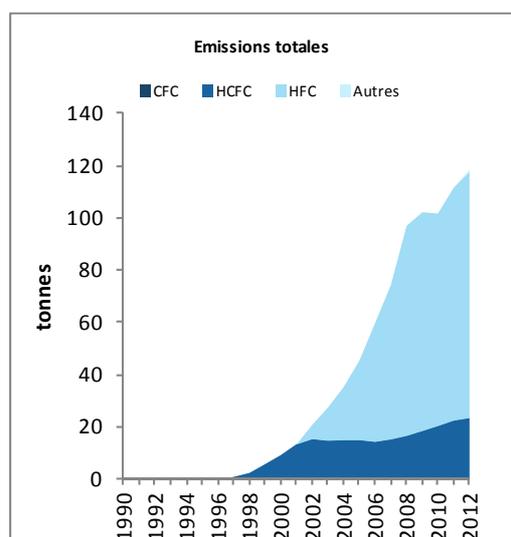


Figure X-4 - Evolution des émissions totales de fluides frigorigènes du secteur PAC

Tableau X-7 - Emissions totales 2012 – PAC

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	24	24
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	5	94
	R-404A	0	
	R-407C	43	
	R-410A	45	
	R-507	0	
	R-417A	1	
	R-422A	0	
	R-422D	0	
	R-427A	0	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
R-1234yf	0		
Autres	R-290	0	0
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			118

Les premières PAC mises sur le marché français datent de 1997-1998 et le marché croît significativement seulement à partir de 2005. Avec une durée de vie moyenne de 15 ans, peu d'équipements parviennent donc en fin de vie en 2012. Les émissions présentées Figure X-4 sont

Inventaire des émissions de fluides frigorigènes, France et DOM COM, année 2012

donc essentiellement des émissions fugitives (76 %), ce qui explique que le niveau soit bas, les taux d'émissions étant faibles.

#### X.4.4 – Les émissions en équivalent CO<sub>2</sub>

L'impact du secteur des PAC sur les émissions CO<sub>2</sub> équivalentes est faible, de seulement 0,2 million de tonnes, peu d'équipements étant parvenus en fin de vie.

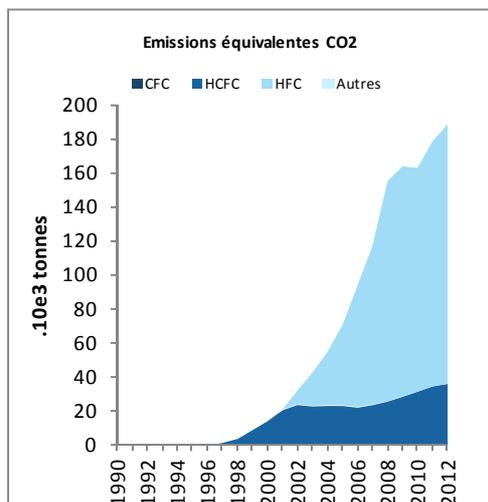


Figure X-5 - Evolution des émissions totales en équivalent CO<sub>2</sub> secteur PAC

Tableau X-8 - Emissions totales en équivalent CO<sub>2</sub> 2012 – Groupes Refroidisseurs à Eau

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	35	35
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	6	153
	R-404A	0	
	R-407C	66	
	R-410A	78	
	R-507	0	
	R-417A	3	
	R-422A	0	
	R-422D	0	
	R-427A	0	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
	R-1234yf	0	
Autres	R-290	0	0
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			188

#### X.4.5 – Les quantités récupérées

Pour les mêmes raisons, peu d'équipements sont concernés par une récupération de fin de vie, ce qui explique le niveau très faible de la récupération.

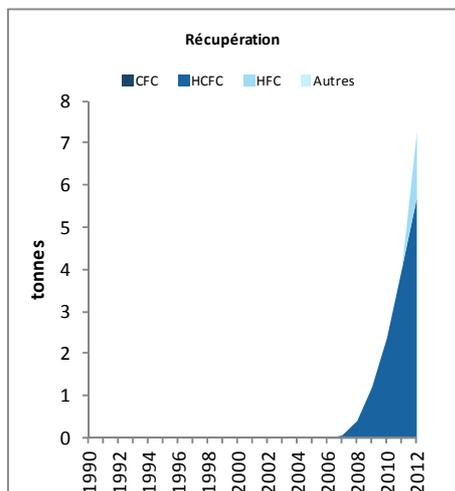


Figure X-6 - Evolution des quantités récupérées dans le secteur PAC

Tableau X-9 - Quantités récupérées 2012 – PAC

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	6	6
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	0	2
	R-404A	0	
	R-407C	1	
	R-410A	0	
	R-507	0	
	R-417A	0	
	R-422A	0	
	R-422D	0	
	R-427A	0	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
	R-1234yf	0	
Autres	R-290	0	0
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			7

## **XI. LA CLIMATISATION EMBARQUEE**

### **XI.1 Structuration du secteur**

Le secteur de la climatisation embarquée se divise en quatre sous-secteurs, déterminés par les technologies utilisées et les informations statistiques disponibles.

- La climatisation automobile comprend les circuits de climatisation des véhicules particuliers et utilitaires légers (VUL), jusqu'à 5 t.
- Les véhicules industriels (VI) regroupent les camions et tracteurs agricoles. Ce sous-secteur est proche de celui de la climatisation automobile. Seule la cabine du conducteur est climatisée, par des systèmes de technologie identique. Etant donné les statistiques disponibles, cette catégorie inclut désormais les poids lourds de plus de 5 t.
- Les cars et bus présentent des systèmes de climatisation différents, plus puissants, où tout le véhicule est rafraîchi.
- Dans le cas des trains, les technologies sont spécifiques et présentes sur la totalité du marché neuf. Les tramways, métros et RER climatisés sont très peu nombreux, les quantités de fluides frigorigènes en jeux sont très faibles. Ces équipements sont donc négligés pour le moment.

### **XI.2 Données nécessaires au calcul**

Le secteur de la climatisation automobile bénéficie d'une méthode de calcul dédiée, plus détaillée, prenant en compte un calcul dynamique de la charge du véhicule et de ses émissions au cours de sa durée de vie. Ses principes sont rappelés à l'annexe 4.

Comme pour les autres secteurs, la méthode de calcul du secteur de la climatisation mobile repose aussi sur les données d'autres paramètres :

- la production et le marché d'équipements
- la répartition annuelle des fluides
- la charge moyenne
- la courbe de durée de vie
- l'efficacité de récupération, à la maintenance et en fin de vie des équipements
- les taux d'émissions : décomposé pour ce secteur en un taux d'émissions fugitives régulières et celui des émissions irrégulières.

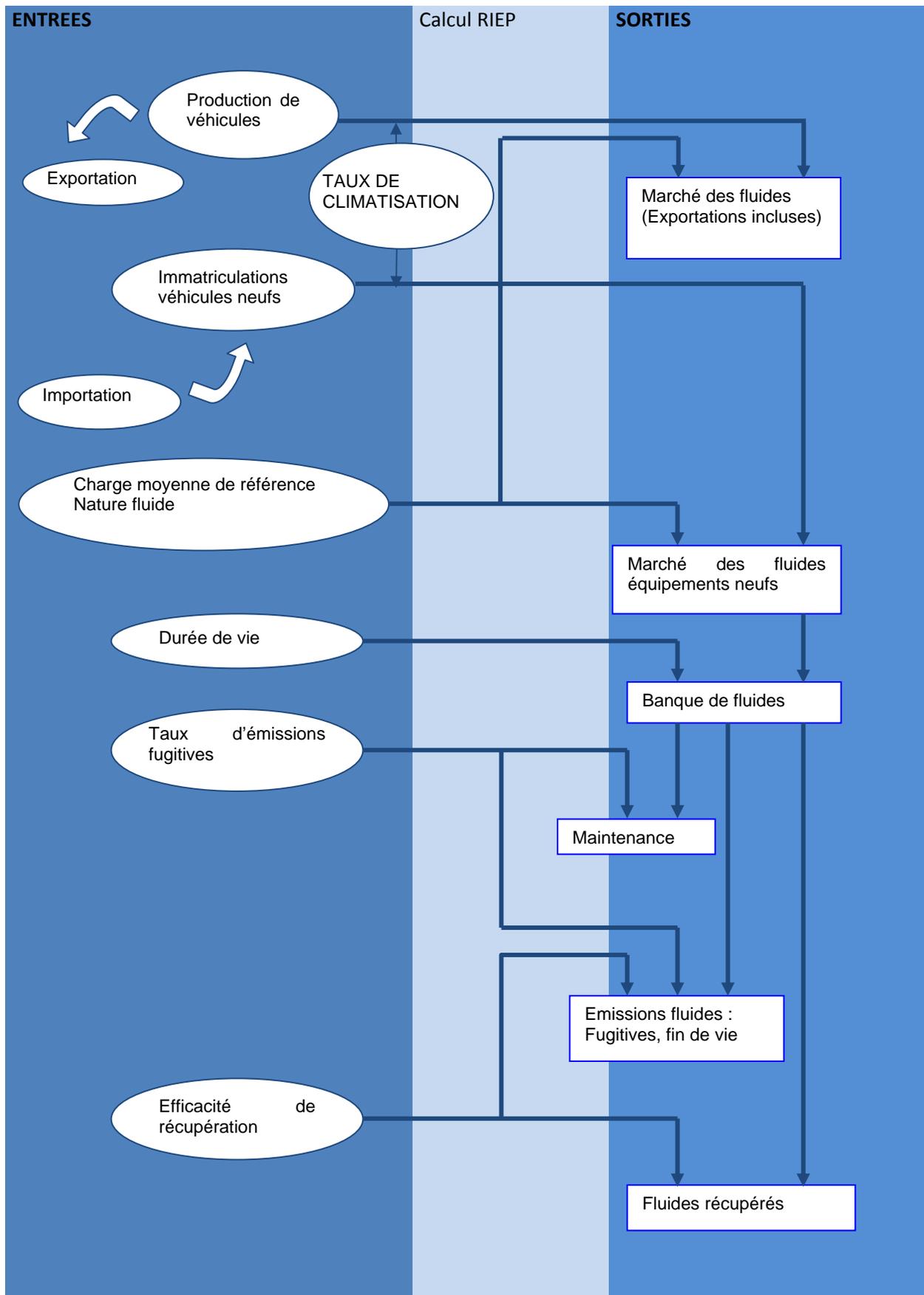


Figure XI-1– Organigramme de la méthode utilisée pour le secteur de la climatisation embarquée

## XI.3 La climatisation embarquée en France en 2012

### XI.3.1 La production et le marché

Chaque année, les chiffres de la production française et des immatriculations de véhicules neufs sont fournis par le CCFA, Comité des Constructeurs Français d'Automobiles [CCF13]. Le CCFA ne distingue plus les VUL de plus de 3,5 t de ceux de plus de 5 t et met à jour ses statistiques selon les catégories VL (véhicules légers jusqu'à 5 t) et VI (Véhicules Industriels de plus de 5,1 t). Les données présentées Tableau XI-1 et Tableau XI-2 correspondent à l'ensemble des véhicules produits et immatriculés, sans distinction de climatisation.

L'OICA donne la production de cars et bus ([OIC13]). Il s'agit d'une production étrangère en France puisque Renault Trucks a vendu sa division à IVECO (groupe FIAT).

Tableau XI-1– Production de véhicules en France

PRODUCTION	Véhicules particuliers et VUL jusqu'à 5 t	Véhicules Industriels	Cars et bus
2010	1 908 826	29 702	3 475
2012	1 968 000	33 600	2 750

Tableau XI-2– Nouvelles immatriculations de véhicules

MARCHES	Véhicules particuliers et VUL jusqu'à 5 t	Véhicules Industriels	Cars et bus
2010	2 669 281	41 773	5 382
2012	2 283 000	43 400	5 500

Les marchés et productions de véhicules climatisés sont évalués en appliquant un taux de climatisation annuel, variant selon une courbe « en S » telle que présentée Figure XI-2. Cette courbe a été lissée, dans le cadre des inventaires 2011 et conduit à un taux de pénétration de la climatisation automobile de 94 % en 2012.

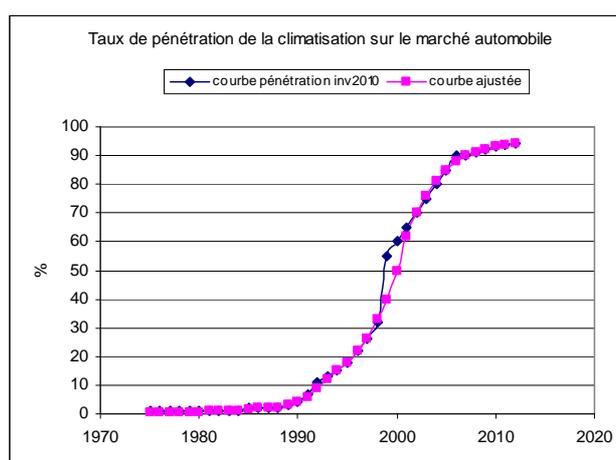


Figure XI-2 – Lissage de la courbe de pénétration de la climatisation sur le marché automobile

Pour les trains, le taux de climatisation est de 100 % du marché neuf. L'évolution du parc des trains climatisés a été estimée d'après les dernières données de la SNCF [GIB04]. Dans l'attente de données plus précises, une progression du marché des équipements de 5 % par an est maintenue de 2007 à 2012.

Le parc des bus est faiblement climatisé, en revanche, la quasi-totalité des cars mis sur le marché l'est [LEG11]. La courbe de pénétration de la climatisation sur le marché neuf des cars et bus est maintenue conduisant à un niveau moyen de 80 % de véhicules climatisés mis sur le marché en 2012.

### ***XI.3.2 La répartition annuelle des fluides***

En climatisation automobile, seul le R-134a était utilisé sur le marché neuf depuis 1994. La transition du R-12 au R-134a a été très rapide, en deux ans environ. En 2012, quelques véhicules ont été produits avec du R-1234yf, la production française est estimée à 0,5 %.

Pour les bus et les VI, tous les systèmes neufs fonctionnent au R-134a [LEG11].

Les équipements de climatisation des trains utilisent le R-134a ou le R-407C, selon qu'ils équipent les TGV ou les TER et postes de conduite [PAS12]. Le R-407C est aussi utilisé pour les retrofits d'équipement au R-22. Fin 2012, il n'y a plus de R-22 dans les installations de la SNCF.

### ***XI.3.3 La charge moyenne***

La charge moyenne des véhicules mis sur le marché est calculée en moyenne pondérée par les marchés de véhicules, connaissant les meilleures ventes de véhicules [CCF13] et les charges nominales associées, basées sur les données Valéo Clim Service [VAL13]. La charge moyenne des véhicules neufs continue de décroître.

Tableau XI-3– Charges moyennes

Charges (kg)	Climatisation automobile	Véhicules Industriels	Cars et bus	Trains
2010	0,54	0,77	12,1	10,9
2012	0,502	0,75	10	10

Dans les trains, la charge moyenne est à confirmer : les charges des différents types de matériels étant variables de 2 kg pour les locomotives à 20 kg pour les wagons de TGV [PAS12]. Pour les bus et VI, une tendance à la décroissance des charges est prise en compte, faute d'information plus précise.

### ***XI.3.4 La courbe de durée de vie***

Les courbes de durée de vie (Figure XI-3 et Figure XI-4) ont été établies pour les différents sous-secteurs en se basant, sur les durées de vie moyenne de 12 et 15 ans, selon les types de véhicules.

L'hypothèse de durée de vie impacte l'estimation de la banque et du parc d'équipements. Le parc de véhicules particuliers et VUL climatisé peut être reconstitué à partir des statistiques des marchés de véhicules, de la courbe de pénétration de la climatisation et de l'hypothèse de durée de vie moyenne. Les résultats comparés aux parcs de véhicules climatisés publiés par l'étude TNS Worldpanel [RAP12] pour les années 2003 et 2008 ont montré des écarts de l'ordre de 7 %.

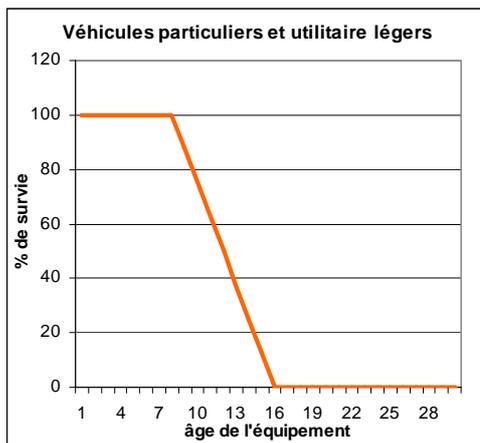


Figure XI-3– Courbe de durée de vie des véhicules particuliers et utilitaires légers ainsi que véhicules industriels

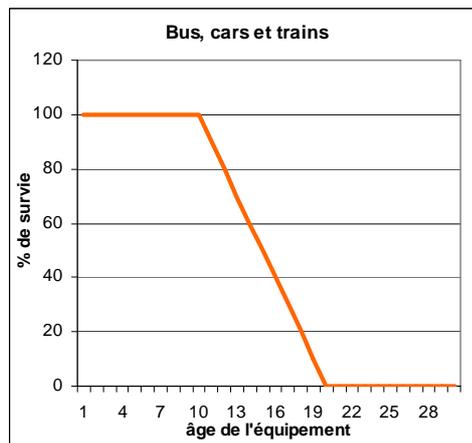


Figure XI-4– Courbe de durée de vie des cars et bus et des trains

Pour les véhicules particuliers, utilitaires et industriels, la méthode prend en compte une durée de vie maximale du système de climatisation, au-delà le système n'est plus entretenu. Ces durées sont constantes et présentées Tableau XI-4.

Tableau XI-4– Durées de vie des systèmes de climatisation

	Climatisation automobile	Véhicules Industriels
Durée de vie du système (ans)	9	9

### ***XI.3.5 L'efficacité de récupération***

Dans le secteur de la climatisation embarquée, deux taux de récupération sont distingués :

- à la maintenance,
- en fin de vie du véhicule.

Concernant la fin de vie des véhicules, peu d'évolutions sont à noter étant donné que l'ADEME ne suit pas les quantités de fluides frigorigènes récupérées lors de la dépollution des véhicules et aucune information n'est publiée à ce sujet dans le rapport de l'observatoire de la filière Véhicules Hors d'Usage [RAP11].

L'enquête auprès des organismes démolisseurs et des entreprises de déconstruction menée au cours des inventaires 2010 avait fait ressortir que les quantités de fluides frigorigènes déclarées sont le plus souvent inférieures aux quantités réellement récupérées, une partie des quantités récupérées étant réutilisée pour la maintenance d'autres véhicules. Aussi, une petite amélioration de l'efficacité de récupération en fin de vie des véhicules est prise en compte (Tableau XI-5).

Tableau XI-5– Taux de récupération en fin de vie des équipements

Taux de récupération en fin de vie (% de la charge)	Climatisation automobile	Véhicules Industriels	Cars et bus	Trains
2010	2 %	0,5 %	0,5 %	59 %
2012	5 %	1 %	1 %	70 %

L'efficacité de récupération en fin de vie des trains est élevée, contrairement aux autres sous-secteurs, car les services techniques réalisant l'opération sont les mêmes que ceux effectuant les entretiens à la maintenance.

La courbe d'évolution de l'efficacité de récupération à la maintenance avait été corrigée à la suite des résultats des attestations d'aptitude présentés à l'AFCE par les organismes de formation agréés [PER11]. Le taux a été réduit à 75 % pour la période de 2000 à 2012. Dans les autres sous-secteurs, les taux de récupération à la maintenance sont supposés en progrès, selon une courbe de croissance « en S ».

Tableau XI-6– Taux de récupération au cours des opérations de maintenance

Taux de récupération à la maintenance (% de la charge)	Climatisation automobile	Véhicules Industriels	Cars et bus	Trains
2010	75 %	49 %	59 %	95 %
2012	75 %	60 %	65 %	95 %

### ***XI.3.6 Le taux d'émissions***

Les niveaux d'émissions caractérisant les véhicules neufs ont été maintenus en 2012, considérant que le seuil de 10 g/an était minimal. De même, le niveau des pertes liées aux accidents est maintenu, faute de données plus détaillées, à 15 g/an.

Jusqu'en 2004, le niveau de dégradation appliqué dans le modèle est de 20 %. Cette valeur de dégradation a été obtenue par calcul inverse sur la période de 2000 à 2006, il correspond donc à l'entretien des véhicules anciens. A partir de 2004, et de l'introduction de taux de fuite des systèmes neufs inférieurs à 15 g/an, le taux de dégradation est augmenté à 50 % de façon à rester cohérent avec les marchés déclarés sur la période 2008 et 2009. Cette valeur est maintenue sur 2010-2012.

Les taux d'émissions des quatre sous-secteurs de la climatisation embarquée sont récapitulés Tableau XI-7.

Tableau XI-7– Taux d'émissions dans les sous-secteurs de la climatisation embarquée

Taux d'émissions fugitives accidents et défaillances inclus	Climatisation automobile Véhicules neufs	Véhicules Industriels Véhicules neufs	Cars et bus (% de la charge)	Trains (% de la charge)
2012	25 g/an	35 g/an	16 %	5 %

## **XI.4 Résultats climatisation embarquée – Inventaires 2012 France métropole**

### ***XI.4.1 – La banque***

La banque de la climatisation embarquée continue sa croissance avec celle du parc de véhicules climatisés, de 1 % en 2012. Elle est estimée à 15 700 t en 2012, constituée quasi exclusivement de R-134a, la banque de R-12 étant éliminée depuis 2006.

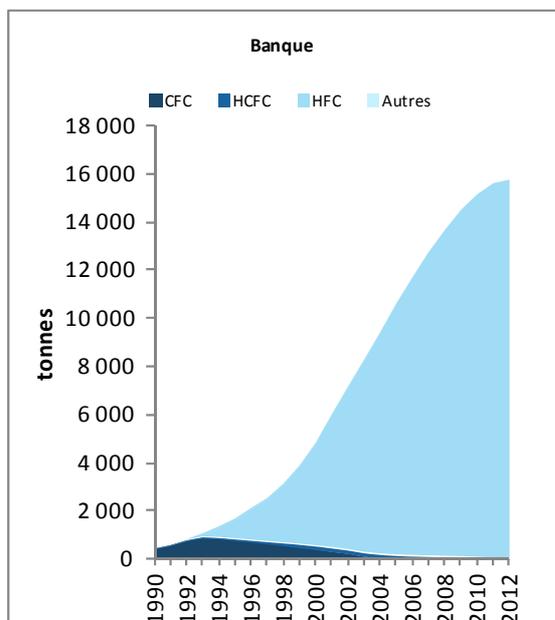


Figure XI-5 - Evolution de la banque de fluides frigorigènes de la climatisation embarquée

Tableau XI-8 - Banque 2012 – Climatisation embarquée

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	19	19
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	15 630	15 714
	R-404A	0	
	R-407C	75	
	R-410A	0	
	R-507	0	
	R-417A	1	
	R-422A	0	
	R-422D	0	
	R-427A	0	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
Autres	R-1234yf	7	0
	R-290	0	
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			15 733

#### XI.4.2 – La demande

Selon le modèle RIEP développé pour la climatisation automobile, la demande totale de fluides frigorigènes pour le secteur de la climatisation embarquée a subi une forte décroissance (Figure XI-6) depuis la mise sur le marché de véhicules équipés de systèmes de climatisation aux taux de fuite très bas, à partir de 2004.

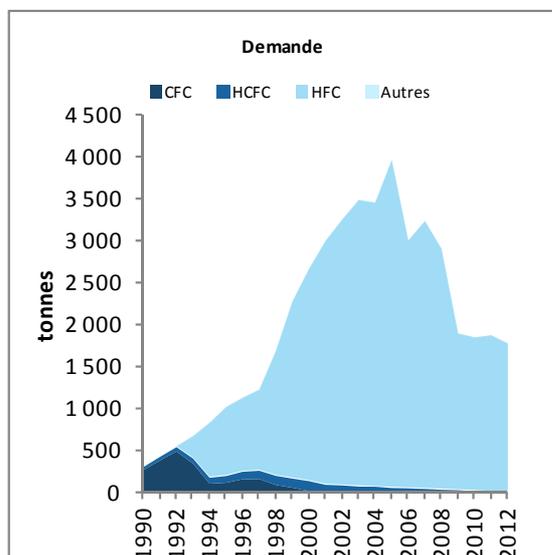


Figure XI-6 – Evolution de la demande totale de fluides frigorigènes en climatisation embarquée

Tableau XI-9 - Demande totale 2012 – Climatisation embarquée

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	13	13
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	1 759	1 768
	R-404A	0	
	R-407C	7	
	R-410A	0	
	R-507	0	
	R-417A	1	
	R-422A	0	
	R-422D	0	
	R-427A	0	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
Autres	R-1234yf	0	0
	R-290	0	
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			1 781

L'impact est nettement visible sur le marché maintenance à partir de 2009, son ordre de grandeur est alors divisé par deux par rapport à la période 2003-2008. Il est d'environ 700 t en 2012. Le niveau de la demande totale est stable sur la période 2009-2012, aux environs de 1 800 t par an.

### XI.4.3 – Les émissions totales

De même, le niveau des émissions est stable sur 2010-2012 à 2 100 t par an, les émissions fugitives du parc étant quasiment constantes depuis 2008. Les émissions en fin de vie des équipements ne constituent que 18 % des émissions totales, une partie des équipements y parvenant vide ou faiblement chargée.

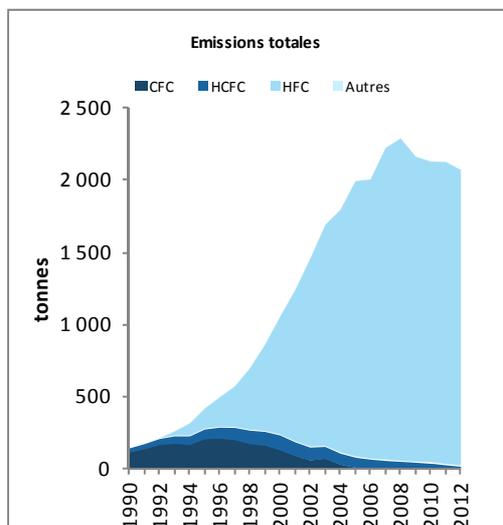


Figure XI-7 - Evolution des émissions totales de fluides frigorigènes en Climatisation embarquée

Tableau XI-10 - Emissions totales 2012 – Climatisation embarquée

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	19	19
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	2 038	2 052
	R-404A	0	
	R-407C	12	
	R-410A	0	
	R-507	0	
	R-417A	1	
	R-422A	0	
	R-422D	0	
	R-427A	0	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
Autres	R-1234yf	0	0
	R-290	0	
	R-600a	0	
	R-717	0	
TOTAL	R-744	0	2 070

### XI.4.4 – Les émissions en équivalent CO<sub>2</sub>

Bien que le parc de véhicules fonctionnant avec des systèmes de climatisation utilisant du R-12 se soit éteint depuis quelques années, les émissions du secteur de la climatisation embarquée sont estimées à 2,7 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> ce qui constitue, en 2012, 17 % des émissions de fluides frigorigènes de la France métropole en équivalent CO<sub>2</sub>.

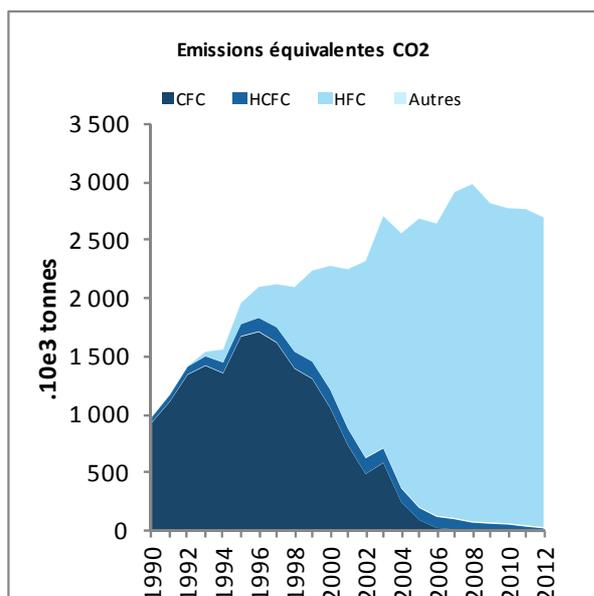


Figure XI-8 - Evolution des émissions totales en équivalent CO<sub>2</sub> en Climatisation embarquée

Tableau XI-11 - Emissions totales en équivalent CO<sub>2</sub> 2012 – Climatisation embarquée

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	28	28
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	2650	2 670
	R-404A	0	
	R-407C	18	
	R-410A	0	
	R-507	0	
	R-417A	2	
	R-422A	0	
	R-422D	0	
	R-427A	0	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
Autres	R-1234yf	0	0
	R-290	0	
	R-600a	0	
	R-717	0	
TOTAL	R-744	0	2 698

### XI.4.5 – Les quantités récupérées

Les quantités récupérées en fin de vie des équipements sont faibles, la filière VHU n'étant pas encore efficace en ce qui concerne les fluides frigorigènes, même si une partie des quantités récupérées pourrait ne pas être déclarée. Les quantités de fluides frigorigènes récupérées sont principalement issues au secteur des trains.

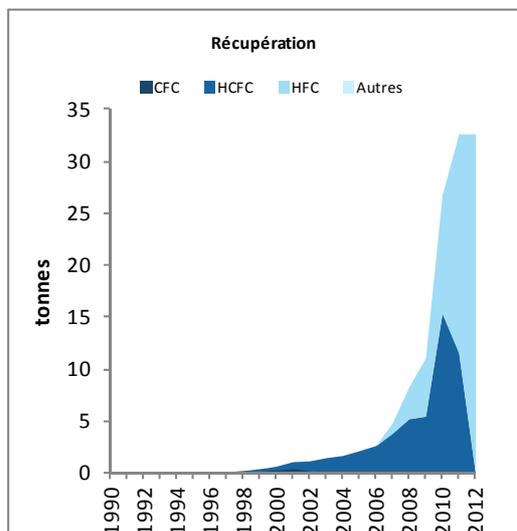


Figure XI-9 - Evolution des quantités récupérées en Climatisation embarquée

Tableau XI-12 - Quantités récupérées 2012 – Climatisation embarquée

CFC	R-12	0	0
	HCFC	R-22	0
		R-408A	0
R-401A		0	
HFC	R-134a	27	33
	R-404A	0	
	R-407C	5	
	R-410A	0	
	R-507	0	
	R-417A	0	
	R-422A	0	
	R-422D	0	
	R-427A	0	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
	R-1234yf	0	
Autres	R-290	0	0
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			33

## XII. REFERENCES

- [BAR 11] Barrault, S., Clodic, D., CEP MINES-ParisTech. Rapport final - Inventaires DOM COM pour l'année 2010. Novembre 2011.
- [IPC06] IPCC guidelines for national greenhouse gases inventories Vol. 3 Chap. 7 de l'IPCC (International Panel on Climate Change) mis à jour en 2006.
- [OFF13] Rapport annuel de l'Observatoire des Fluides frigorigènes Fluorés. Données 2012. Septembre 2013. Réalisé par BIO Intelligence Service S.A.S. pour le compte de l'ADEME.
- [ROY12] Fluides frigorigènes : Statistiques consommation / Récupération / Destruction. Communication de Philippe Roy, SNEFCCA pour le CEP, Octobre 2012.
- [SAB09] SABA, S., "Global inventories and direct emission estimations of greenhouse gases of refrigeration systems" Ph. D; Thesis Mines-Paristech December 2009.
- [SOU08] SOUSA, David. Etude des émissions de fluides frigorigènes de joints tournants de compresseurs de climatisation automobile. Thèse de Doctorat en Sciences des Métiers de l'Ingénieur (SMI), spécialité Energétique, MINES ParisTech, 16 décembre 2008.

### Références Froid Domestique

- [DEC05] Décret n° 2005-829 du 20 juillet 2005 relatif à la composition des équipements électriques et électroniques et à l'élimination des déchets issus de ces équipements
- [ENQ01] Enquête Centre d'Energétique échantillon de 100 appareils, 2001
- [FAN13] Communication chiffres provisoires 2012 de la filière DEEE, Erwan Fangeat ADEME, Octobre 2013.
- [GIF13] Site internet du GIFAM ([www.gifam.fr](http://www.gifam.fr)).

### Références froid commercial

- [CGA12] Site de la Confédération Générale de l'Alimentation en Détail [www.cgad.fr](http://www.cgad.fr)
- [CLO12] Clodic, Denis. Commercial Refrigeration - refrigerant choices. CCAC - 8th December 2012.
- [DRI13] L'essentiel des stratégies drive des enseignes. Drive Insights, présentations Octobre 2013 et Juillet 2012.
- [GRO12] Communications d'Alexandra Grotto et Jean-Michel Deroo pour le groupe Auchan, 2012-2013.
- [INS13] INSEE, Base Permanente des Equipements.  
[http://www.insee.fr/fr/themes/detail.asp?reg\\_id=99&ref\\_id=fd-bpe11](http://www.insee.fr/fr/themes/detail.asp?reg_id=99&ref_id=fd-bpe11)
- [LSA11] L'Atlas de la distribution Alimentaire, LSA, Edition 2011.
- [LSA13] La France des Drives. LSA, 1er Juillet 2013.  
<http://www.lsa-conso.fr/la-france-des-drives,144353>
- [MAT13] Le DNI Détecteur de Niveau Intelligent. MATELEX.  
<http://www.matelex.fr/#/telechargement/4207075>
- [NAV12] La DA en chiffres. Euromonitor NAVSA (chambre syndicale Nationale de Vente et Service Automatique) 2009-2010.  
[http://www.navsa.fr/00\\_koama/visu\\_navsa/index.asp?sid=349&cid=15347&cvid=15384&lid=1](http://www.navsa.fr/00_koama/visu_navsa/index.asp?sid=349&cid=15347&cvid=15384&lid=1)
- [OPC12] Etudes et panoramas de l'Observatoire Prospectif du Commerce.  
<http://www.opcommerce.org/ForcoCms/Etudes/panoramas.aspx>
- [PER13] Note de synthèse: Alternatives crédibles en réfrigération commerciale. Perifem. 23 Janvier 2013.

- [PHI13] Entretien avec Bernard Philippe, Réfrigération Industrielle, JCI (Johnson Controls Industries), 2013.
- [RPF12] Le premier supermarché CO2 transcritique en France, RPF n° 1003, Mars 2012.

## Références Transports Frigorifiques

- [CAR11] [www.carcoserco.org](http://www.carcoserco.org)
- [CAR13] Communication de Carcoserco pour le CES, Octobre 2013.
- [CON08] [http://www.containerhandbuch.de/chb\\_e/wild/index.html](http://www.containerhandbuch.de/chb_e/wild/index.html)
- [MIC13] Inventaire des productions d'engins autonomes de non autonomes 2012. Masses de fluides associées. Thomas Michineau, Eric Devin, Cemafruid. Novembre 2013.
- [REF07] <http://www.reefertrends.com>
- [SHI13] World Shipping Councils.  
<http://www.worldshipping.org/about-the-industry/containers/global-container-fleet>
- [STU12 ] Entretien JP.Stumpf, Carrier, 2011-2012.
- [TOC10] 2010 Report of the Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pumps Technical Option Committee. 2010 Assessment.

## Références Froid Industriel

- [AGR07] <http://www.agreste.agriculture.gouv.fr/IMG/pdf/Gaf08p141.pdf>
- [AGR08] [http://www.panoramaiaa.gouv.fr/article.php3?id\\_article=350](http://www.panoramaiaa.gouv.fr/article.php3?id_article=350)
- [ALI13] L'industrie agroalimentaire, des métiers à votre goût.  
<http://alimetiers.com/>
- [ASH06] 2006 ASHRAE Handbook-Refrigeration-SI Edition, supported by ASHRAE Research-Food refrigeration. Chapitre 26 pour les chocolateries et chapitre 28 pour les boissons gazeuses.
- [COC10] <http://cocolatpe.e-monsite.com/rubrique,coca-cola-en-chiffres,171566.html>
- [FAO13] Banque de données statistiques FAO (Food Agriculture Organization) sur [www.fao.org](http://www.fao.org)
- [GOU13] <http://www.developpement-durable.gouv.fr/IMG/pdf/CS334.pdf>
- [INV01] Inventaires des fluides frigorigènes et de leurs émissions, CENERG Mai 2003.
- [INV02] Inventaires des fluides frigorigènes et de leurs émissions, CENERG Mai 2004.
- [KAL07] Calcul de la puissance nécessaire pour la production du chocolat et des boissons gazéifiées et non alcoolisées. Thérèse Kallas, CEP, 2007.
- [PHI13] Communications de Bernard Philippe, Réfrigération Industrielle, Johnson Controls Industries, 2010-2013.
- [SAY07] Carine Sayon, CEP, 2007.
- [SYN13] Syndicat national des patinoires  
<http://www.syndicatdespatinoires.com/>
- [TOC10] 2010 Report of the Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pumps Technical Option Committee. 2010 Assessment.
- [ZOU13] Fluides frigorigènes alternatifs: Etat des lieux en agro-alimentaire. Assaad Zoughaib, CES MINES-ParisTech, Colloque AFCE, Octobre 2013.

## Références GRE

- [AFC98] P.Fauvarque, AFCE, 1998.
- [BSR10] WWAC European Overview 2010. BSRIA Report May 2011.
- [COL11] E.Colin, JCI. Retour au questionnaire Chillers du CEP, novembre 2011.
- [DUP13] Communications de G.N.Dupré, Uniclimate, pour le CES, 2012-2013.
- [HUG02] Communication de JP.Huguet, Carrier, 2002.

- [LAR12] L'évolution des groupes de refroidissement d'eau dans le cadre de « l'écoconception ». Paul de Larminat et Eric Colin, Johnson Controls Industries, Colloque AFCE, Octobre 2012.
- [OHL13] Violaine Ohi-Gasteau, PAC&Clim'Info. Communications de données confidentielles sur les marchés de chillers par gamme de puissance, pour le CES, 2011-2013.
- [ROB10] Communications d'Olivier Robert pour le groupe Climafort, 2008-2010.
- [TRA98] Données confidentielles de marchés 1996, Trane pour le CENERG, 1998.

## Références Climatisation à Air

- [BSR08] World Market for Air Conditioning 2008, BSRIA Report 19947/2, 2008.
- [CAR08] Entretiens JM.Carré, Lennox Europe, 2008-2009.
- [CLI13] La Climatisation tertiaire et commercial. Les chiffres du marché français de janvier à décembre 2012. PAC & Clim'Info. Réunion du 6 février 2013.
- [CON13] Climatisation de Confort, année 2012. Extraction de la base de données PAC&Clim'info pour le CES, 2013.
- [RAP12] Rapport sur la production de gaz à effet de serre des systèmes de climatisation et leur impact sur l'écosystème et l'environnement; singulièrement dans les collectivités d'Outre-mer, en application de l'article 5 de la loi de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement du 3 Août 2009. Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des transports et du logement.
- [TOC02] 2002 Report of the Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pumps Technical Option Committee. 2002 Assessment.
- [UNI13] Bilan 2012 et perspectives 2013 du génie climatique. Dossier de presse. Uniclimate. 29 Mars 2013.

## Références PAC

- [AFP12] Marché français de la PAC. Statistiques 2011. Source AFPAC/ PAC&Clim'Info/GIFAM.
- [CLO11] Clodic D., Pan X., Barrault S. EReIE and CES MINES-ParisTech/ARMINES. European Refrigerant inventories for 1990 to 2010 and emission prevision scenarios for 2010 to 2030 - Report for EPEE – October 2011.
- [DUP11] Communication de Guy-Noel Dupré, Uniclimate, pour le CEP, 2011.
- [PAC13] Résultats 2012 Pompes à chaleur. Réunion du 6 Février 2013. Clim'Info.

## Références climatisation embarquée

- [CCF13] Site du Comité des Constructeurs Français d'Automobiles : [www.ccf.fr](http://www.ccf.fr)
- [GIB04] SNCF. Données A.Gibergues, 2004.
- [LEG11] Communication de Michel Legros, Atelier Climatisation de la RATP pour le CEP, 2011.
- [OIC13] Organisation Internationale des Constructeurs Automobiles (OICA) : [www.oica.net](http://www.oica.net)
- [PAS12] Communications Gianni PASCOLO, Pôle ingénierie climatisation, Technicentre de Périgueux, SNCF, 2010.
- [PER11] Communications de Georges Perez, AFPA, pour l'AFCE et le CEP, 2011.
- [RAP11] Observatoire de la filière Véhicules Hors d'Usage. Rapport annuel de la mise en œuvre des dispositions réglementaires relatives aux véhicules hors d'usage. Situation en 2010. Etude réalisée pour le compte de l'ADEME par la société Ernst&Young. Septembre 2011.
- [RAP12] Rapport sur la production de gaz à effet de serre des systèmes de climatisation et leur impact sur l'écosystème et l'environnement; singulièrement dans les collectivités d'Outre-mer, en application de l'article 5 de la loi de programmation relative à la mise en œuvre du Grenelle de l'environnement du 3 Août 2009. Ministère de l'Écologie, du Développement durable, des transports et du logement.
- [VAL13] Fichier 2012-2013 « Fluide Réfrigérant » [www.valeoservice.com](http://www.valeoservice.com)

### XIII. ANNEXES

#### Annexe 1 – GWP (Global Warming Potential) ou PRG (Potentiel de Réchauffement Global) selon les 2<sup>ème</sup>, 3<sup>ème</sup> et 4<sup>ème</sup> Rapports d'évaluation du GIEC

Type	Nom	Formule	GWP		
			2 <sup>nd</sup>	3 <sup>rd</sup>	4 <sup>th</sup>
CFC	CFC-11		3 800	4 600	4 750
CFC	CFC-12		8 100	10 600	10 890
CFC	R-502	HCFC-22/115 (48.8/51.2)	5 500	4 500	4 657
HCFC	HCFC-22		1 500	1 700	1 810
HCFC	CFC-123		90	120	77
HCFC	R-408A	CFC-125/143a/22 (7/46/47)	2 650	3 015	3 200
HCFC	R-401A	HCFC-22/152a/124 (53/13/34)	970	1 130	1 200
HFC	HFC-134a		1 300	1 300	1 430
HFC	R-404A	CFC-125/143a/134a (44/52/4)	3 260	3 785	3 900
HFC	R-407C	HFC-32/125/134a (23/25/52)	1 525	1 655	1 800
HFC	R-410A	HFC-32/125 (50/50)	1 730	1 975	2 100
HFC	R-417A	CFC-125/134a/600 (46.6/50/3.4)	1 955	2 235	2 300
HFC	R-422A	CFC-125/134a/600a (85.1/11.5/3.4)	2 535	2 895	3 100
HFC	R-422D	CFC-125/134a/600a (65.1/31.5/3.4)	2 235	2 625	2 700
HFC	R-427A	HFC-32/125/143a/134a (15/25/10/50)	1 830	2 015	2 100
HFC	R-507A	CFC-125/143a (50/50)	3 300	3 850	4 000
HC	R-600a		20	20	20
NH <sub>3</sub>	R-717		0	0	<1
CO <sub>2</sub>	R-744		1	1	1

Pour la déclaration des émissions de la France à l'UNFCCC, les GWP donnés par le 2<sup>ème</sup> rapport d'évaluation du GIEC font référence et sont utilisés dans le calcul.

## Annexe 2 : Détermination de la charge des équipements agroalimentaire

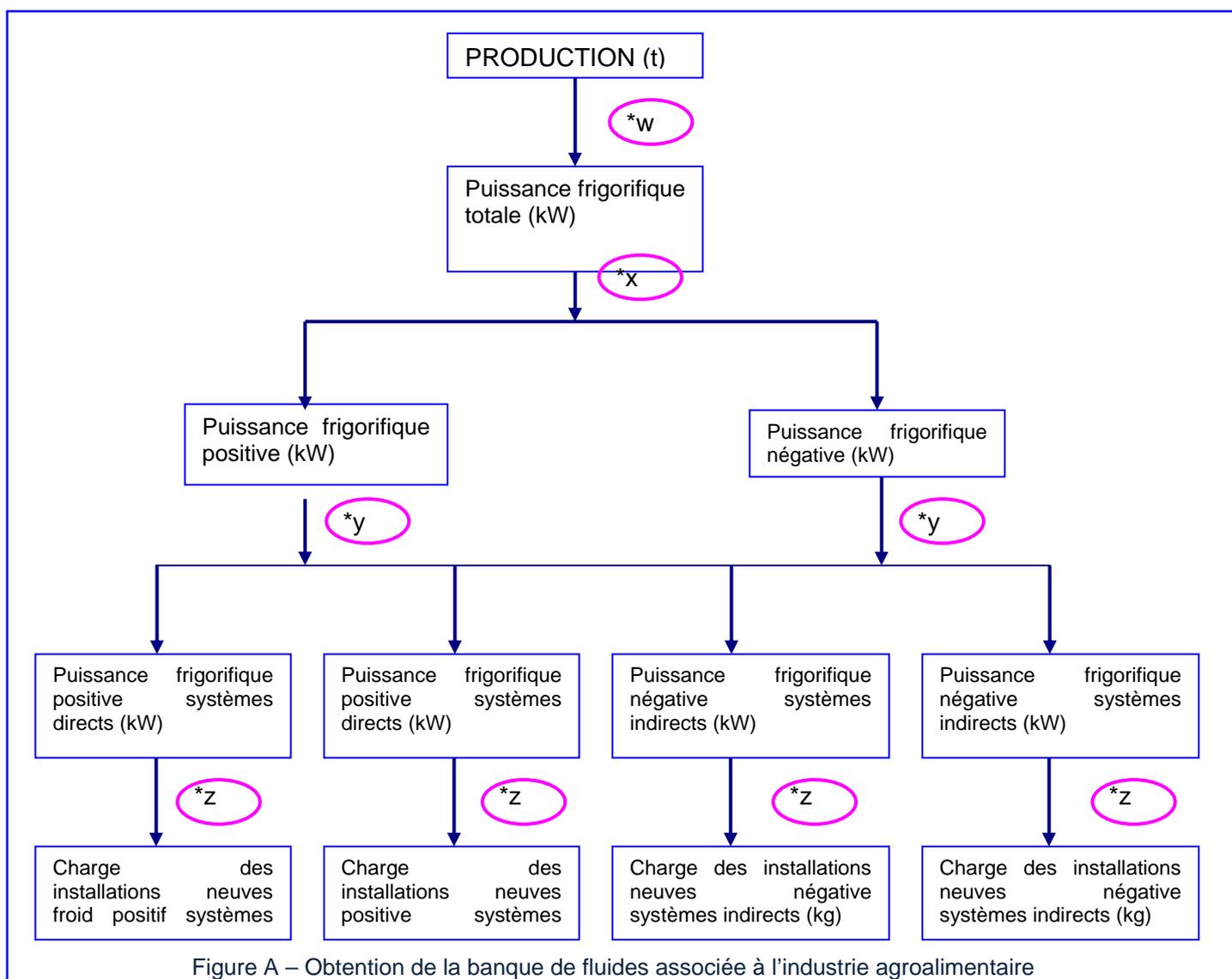
Dans l'agroalimentaire quatre ratios caractéristiques sont nécessaires pour reconstituer la charge globale à partir de la production annuelle.

Le premier,  $w$  (kW/t), ratio de la puissance frigorifique nécessaire au refroidissement d'une unité de masse de denrées caractérise le procédé frigorifique.

Le deuxième,  $x$  (%), ratio de la puissance négative sur la puissance totale, indique le type de refroidissement et permet de tenir compte de la répartition des puissances frigorifiques en fonction des basses et moyennes températures.

Le troisième,  $y$  (%), traduit la proportion de systèmes indirects dans le secteur considéré.

Le quatrième,  $z$  (kg / kW), ratio de la charge de fluide rapporté à la puissance frigorifique caractérise la technologie de l'installation et son niveau de température. Il est donc indépendant du secteur.



## Annexe 3 - Principes de la méthode de calcul du secteur Climatisation automobile

La méthode de calcul propre à la climatisation automobile a connu des évolutions importantes dans les dernières études d'inventaires. A l'occasion de la thèse de S. Saba [SAB09], la méthode de calcul de la climatisation embarquée a été entièrement revue et approfondie. Plusieurs campagnes de mesures évaluant les taux d'émissions fugitives des véhicules neufs, en g/an, et montrant leur dégradation au cours du temps ([SOU08], [CLO07]) ont été à l'origine de ces évolutions.

### *Décomposition du taux d'émission et facteur de dégradation*

La méthode considère que le taux d'émission est un taux de fuite, exprimé en g/an et qu'il caractérise les véhicules **neufs** et non le parc. Ce taux est décomposé en deux parties dont seule celle liée aux émissions fugitives est dégradée.

Le taux d'émission est décomposé en un taux dit « **régulier** », lié aux émissions fugitives et un taux « **irrégulier** », lié aux accidents et défaillances.

Un modèle de dégradation linéaire est appliqué au taux d'émission régulier (TER) caractérisant les véhicules neufs d'un millésime ; un **facteur « dégradation »** (d) est appliqué au taux d'émissions afin de traduire la diminution de l'étanchéité du circuit au cours de la durée de vie du véhicule (équation \*\*).

$$TER_{m,j} = (1 + d * j) * TER_{m,0} \quad (**)$$

Avec:

m	Le millésime ou l'année de mise sur le marché du véhicule
j	L'âge du véhicule exprimé en ans et initialisé à 0
d	Facteur de dégradation ou augmentation du taux d'émission (%)
TER <sub>m,0</sub>	Le taux d'émission régulier initial du millésime m

Basé sur ces valeurs et sur une estimation du marché pour la maintenance de la climatisation automobile (estimée en connaissant le marché déclaré de R-134a dont sont déduits les marchés estimés pour tous les autres secteurs utilisant ce fluide), l'utilisation d'un modèle de calcul inverse a permis d'obtenir un facteur de dégradation évalué à 20 % [SAB09].

### *Pourcentage de charge émise avant une opération de maintenance*

Une des caractéristiques de la méthode de calcul de la climatisation automobile est de calculer le marché de fluide nécessaire à la maintenance des véhicules et de déterminer la fréquence des opérations de maintenance liée au niveau de remplissage du circuit. La méthode générale de calcul de la climatisation automobile est d'ailleurs basée sur la donnée d'un paramètre : celui du niveau de remplissage du circuit de climatisation rendant nécessaire une opération de maintenance.

Au cours de la vie du véhicule, connaissant son taux annuel d'émissions fugitives, la charge restant dans le circuit est connue. Il est admis qu'un utilisateur de la climatisation observe un dysfonctionnement et demande une opération de maintenance lorsque le circuit a perdu environ la moitié de sa charge. Cependant, afin de prendre en compte des sensibilités des conducteurs à la qualité du rafraîchissement pouvant être très différentes, une distribution du paramètre « niveau de remplissage avant maintenance » a été introduite à la place d'une valeur moyenne de 50 %. Une courbe de type Gauss est utilisée, basée sur la valeur moyenne de niveau de remplissage. Le manque d'informations ne permet pas de définir précisément la distribution autour de ce paramètre. Jusqu'à présent, il a été considéré une distribution normale avec une dérivation standard de 10 %.

## ***Calcul des émissions de fin de vie***

La méthode de calcul évalue dynamiquement les quantités restant dans les circuits de climatisation en fin de vie des équipements et détermine ainsi précisément les quantités émises lors du démantèlement.

En se basant sur les charges nominales moyennes par millésime, la méthode détermine l'évolution de la charge en fonction des quantités annuelles émises (émissions régulières et irrégulières) et des occurrences d'opérations de maintenance. A chaque opération de maintenance, il est supposé que le circuit retrouve sa charge d'origine. Après la dernière opération, le circuit n'est plus entretenu et se vide d'une quantité égale au cumul des émissions annuelles. Les quantités restantes sont émises tant que l'efficacité de récupération en fin de vie est nulle.

[CLO07] CLODIC, Denis, YU, Yingzhong, TREMOULET, Arnaud and PALANDRE, Lionel. Elaboration of a correlation factor based on fleet tests and mobile air-conditioning (MAC) system laboratory tests. SAE World Congress & Exhibition, Session climate control (part 2 of 2), Detroit, USA, 16-19 april 2007, vol. SP-2132, n°2007-01-1187, p. 193 - 197.

[SAB09] SABA, S., "Global inventories and direct emission estimations of greenhouse gases of refrigeration systems" Ph. D; Thesis Mines-Paristech December 2009.

[SOU08] SOUSA, David. Etude des émissions de fluides frigorigènes de joints tournants de compresseurs de climatisation automobile. Thèse de Doctorat en Sciences des Métiers de l'Ingénieur (SMI), spécialité Energétique, MINES ParisTech, 16 décembre 2008.

**Contact:**

Stéphanie Barrault  
stephanie.barrault@mines-paristech.fr

<http://www.ces.mines-paristech.fr/Themes-de-recherche/PolEnerg/FluidesFrig/>  
<http://www.openriep.mines-paristech.fr/Inventory-and-Forecast/Reports/>