



Centre Efficacité énergétique des Systèmes

Inventaires des Emissions des fluides frigorigènes FRANCE et DOM COM Année 2013

Stéphanie BARRAULT CES MINES-ParisTech, ARMINES

Denis CLODIC, EReIE

Février 2015

Table des matières

I. SYNTHÈSE	6
Résultats 2013	7
Synthèses des hypothèses 2013	13
II. Rappel de la méthode générale de calcul	22
III. RESULTATS GLOBAUX	25
III.1 - Introduction	25
III.2 - Analyse du marché des fluides frigorigènes	25
III.2.1 - Résultats 2013 de la demande totale calculée	25
III.2.2 - Répartition sectorielle de la demande des fluides frigorigènes	26
III.2.3 - Vérification croisée des déclarations de marchés de fluides frigorigènes et de la demande calculée par RIEP.....	27
III.3 – Résultats complets inventaires 2013 métropole	31
III.3.1 - Demande en fluides frigorigènes pour les équipements neufs	31
III.3.2 - Demande en fluides frigorigènes pour le retrofit des installations.....	33
III.3.3 - Demande en fluides frigorigènes pour la maintenance des installations.....	34
III.3.4 - Banque des fluides frigorigènes	35
III.3.5 - Emissions des fluides frigorigènes	37
III.3.6 - Emissions équivalentes CO ₂ des fluides frigorigènes.....	39
III.3.7 - Récupération des fluides frigorigènes.....	41
III.4 – Résultats globaux inventaires 2013 DOM COM.....	43
III.4.1 - Demande totale en fluides frigorigènes dans les DOM COM.....	43
III.4.2 - Banque de fluides frigorigènes dans les DOM COM.....	44
III.4.3 - Emissions totales de fluides frigorigènes dans les DOM COM	45
III.4.4 - Emissions CO ₂ équivalentes de fluides frigorigènes dans les DOM COM.....	47
III.4.5 - Quantités de fluides frigorigènes récupérées dans les DOM COM	48
IV. LE FROID DOMESTIQUE	49
IV.1 - Méthode de calcul	49
IV.2 - Le froid domestique en France en 2013	51
IV.2.1 - Contexte	51
IV.2.2 - La production	51
IV.2.3 - Les ventes	51
IV.2.4 - Les fluides utilisés	51
IV.2.5 - Evaluation de la charge	52
IV.2.6 - La durée de vie	52
IV.2.7 - Niveau d'émissions fugitives	52
IV.2.8 - L'efficacité de récupération en fin de vie des équipements	52
IV.3 - Résultats Froid domestique Inventaires métropole 2013	53
IV.3.1. La banque	53
IV.3.2. La demande	53
IV.3.3. Les émissions totales	54
IV.3.4. Les émissions en équivalent CO ₂	54
IV.3.5. Les quantités récupérées	55
V. LE FROID COMMERCIAL	56
V.1 - Méthode de calcul et hypothèses	56
V.1.1. Structuration du secteur	56
IV.1.2. Résumé de la méthode.....	56
V.2. Le froid commercial en France en 2013	59
IV.2.1. Evolution du parc.....	59
V.2.3. Hypothèses concernant les fluides utilisés et les structures d'installations.....	60
V.2.4. Courbes de durée de vie	61
V.2.5. Ratios de charge.....	62
V.2.6. Taux d'émissions	63
V.2.7. Efficacité de récupération.....	64
V.3 - Résultats Froid commercial Inventaires 2013 France métropole	65
V.3.1 – La banque	65

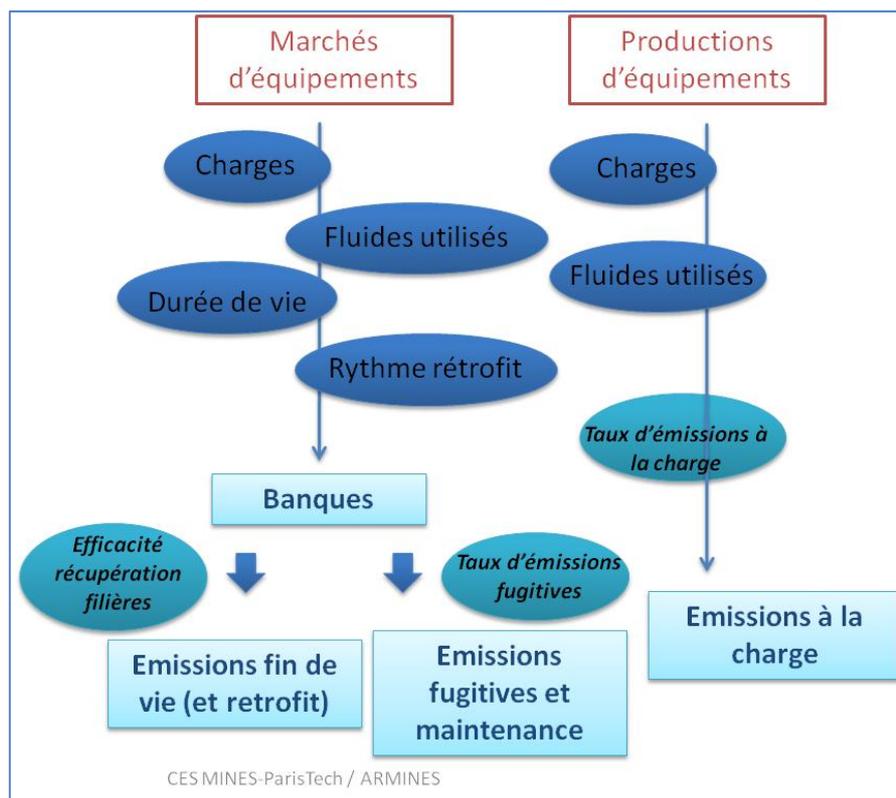
V.3.2 – La demande	65
V.3.3 – Les émissions totales	66
V.3.4 – Les émissions en équivalent CO ₂	67
V.3.5 – Les quantités récupérées.....	67
VI. LES TRANSPORTS FRIGORIFIQUES.....	68
VI.1- Structuration du secteur	68
VI.2- Méthode de calcul et données nécessaires	68
VI.3 Le transport frigorifique en France en 2013	70
VI.3.1 Statistiques disponibles transport routier.....	70
VI.3.2. Statistiques disponibles transport maritime	71
VI.3.3 Fluides utilisés	71
VI.3.4 Charges de référence	72
VI.3.5 Durée de vie	72
VI.3.6 Taux d'émissions fugitives.....	73
VI.3.7 Efficacité de récupération.....	73
VI.4 Résultats Transports Frigorifiques – Inventaires métropole 2013	73
VI.4.1 – La banque.....	73
VI.4.2 – La demande	74
VI.4.3 – Les émissions totales	75
VI.4.4 – Les émissions en équivalent CO ₂	76
VI.4.5 – Les quantités récupérées	76
VII. LE FROID INDUSTRIEL	78
VII.1 Structuration du secteur	78
VII.2 Données nécessaires au calcul	78
VII.3 Données Industries en France métropole en 2013	80
VII.3.1 Production française ou parc.....	80
VII.3.2 Fluides utilisés	81
VII.3.3 Ratios ou charges	83
VII.3.4 Les courbes de durée de vie.....	84
VII.3.5 Les taux d'émissions.....	84
VII.3.6 L'efficacité de récupération.....	85
VII.4 Résultats Froid Industriel Inventaires 2013	85
VII.4.1 – La banque	85
VII.4.2 – La demande.....	86
VII.4.3 – Les émissions totales	86
VII.4.4 – Les émissions en équivalent CO ₂	87
VII.4.5 – Les quantités récupérées	88
VIII. LES GROUPES REFROIDISSEURS D'EAU (GRE).....	89
VIII.1 Structuration du secteur	89
VIII.2 Données nécessaires au calcul	89
VIII.3 Les GRE en France en 2013	91
VIII.3.1 Le marché.....	91
VIII.3.2 La production.....	91
VIII.3.3 Les fluides utilisés.....	91
VIII.3.4 La charge moyenne	92
VIII.3.5 Courbes de durée de vie	93
VIII.3.6 Niveaux d'émissions.....	93
VIII.4 Résultats GRE – Inventaires 2013.....	94
VIII.4.1 – La banque	94
VIII.4.2 – La demande.....	94
VIII.4.3 – Les émissions totales.....	95
VIII.4.4 – Les émissions en équivalent CO ₂	96
VIII.4.5 – Les quantités récupérées	97
IX. LA CLIMATISATION A AIR.....	98
IX.1- Structuration du secteur	98
IX.2 - Données nécessaires au calcul	98
IX.3 - La climatisation à air en 2013 en France.....	99

IX.3.1 - Le marché	99
IX.3.2 - La production	99
IX.3.3- Les fluides utilisés	100
IX.3.4 - La charge moyenne	100
IX.3.5 - Courbes de durée de vie.....	101
IX.3.6 - Facteurs d'émissions	101
IX.4 - Résultats de la climatisation à air – Inventaires 2013.....	102
IX.4.1 – La banque.....	102
IX.4.2 – La demande	102
IX.4.3 – Les émissions totales	103
IX.4.4 – Les émissions en équivalent CO ₂	104
IX.4.5 – Les quantités récupérées	104
X. LES POMPES A CHALEUR RESIDENTIELLES (PAC)	106
X.1 Structuration du secteur	106
X.2 Données nécessaires au calcul	106
X.3 Les PAC en France en 2013	107
X.3.1 - Le marché et la production	107
X.3.2 - Les fluides utilisés.....	107
X.3.3 - La charge moyenne	107
X.3.4 - Courbe de durée de vie	108
X.3.5 Facteurs d'émissions.....	108
X.4 Résultats des PAC – Inventaires 2013	109
X.4.1 – La banque.....	109
X.4.2 – La demande	109
X.4.3 – Les émissions totales	110
X.4.4 – Les émissions en équivalent CO ₂	110
X.4.5 – Les quantités récupérées.....	111
XI. LA CLIMATISATION EMBARQUEE	112
XI.1 Structuration du secteur	112
XI.2 Données nécessaires au calcul	112
XI.3 La climatisation embarquée en France en 2013	114
XI.3.1 La production et le marché	114
XI.3.2 La répartition annuelle des fluides.....	115
XI.3.3 La charge moyenne	116
XI.3.4 La courbe de durée de vie.....	116
XI.3.5 L'efficacité de récupération.....	117
XI.3.6 Le taux d'émissions.....	118
XI.3.7 Perspectives	118
XI.4 Résultats climatisation embarquée – Inventaires 2013 France métropole.....	119
XI.4.1 – La banque.....	119
XI.4.2 – La demande	119
XI.4.3 – Les émissions totales	120
XI.4.4 – Les émissions en équivalent CO ₂	120
XI.4.5 – Les quantités récupérées	121
Références Froid Domestique	122
Références froid commercial.....	122
Références Transports Frigorifiques.....	123
Références Froid Industriel	123
Références GRE	123
Références Climatisation à Air	124
Références PAC.....	124
Références climatisation embarquée	124
XII. ANNEXES.....	125
Annexe 1 – PRP (Potentiel de Réchauffement Planétaire) ou PRP (Global Warming Potential) selon les 2 ^{ème} , 3 ^{ème} et 4 ^{ème} Rapports d'évaluation du GIEC	125
Annexe 2 : Détermination de la charge des équipements agroalimentaire	126
Annexe 3 - Principes de la méthode de calcul du secteur Climatisation automobile	127

Décomposition du taux d'émission et facteur de dégradation.....	127
Pourcentage de charge émise avant une opération de maintenance	127
Calcul des émissions de fin de vie.....	128

I. SYNTHÈSE

Les inventaires d'émissions de fluides frigorigènes 2013 sont réalisés par le CES MINES-ParisTech ARMINES en collaboration avec EREIE au moyen du logiciel RIEP (Refrigerant Inventory and Emission Prevision) qui permet le calcul des émissions de toutes les catégories d'équipements du froid et de la climatisation. La méthode "bottom-up" de calcul implémentée dans le logiciel est basée sur les recommandations du GIEC et permet de calculer, par fluide, par application et par an les différents types d'émissions se produisant au cours de la vie de l'équipement: à la charge, à la maintenance, fugitives, au cours des opérations de retrofit, en fin de vie. Les huit principaux secteurs (froid domestique, froid commercial, transport frigorifique, froid industriel, climatisation à air, groupes refroidisseurs à eau, pompes à chaleur résidentielles et climatisation embarquée) définis par les rapports de référence internationaux tels que ceux du RTOC de l'UNEP¹ sont pris en compte et décomposés en quarante-trois applications². Des bases de données pour la France métropole, les DOM et les COM regroupent l'évolution des parcs, des marchés, des productions d'équipements ainsi que les évolutions technologiques, les fluides frigorigènes utilisés et les niveaux d'émissions de chaque application. Pour chaque étude annuelle d'inventaires, les différents paramètres et statistiques sont recherchés pour chaque application, vérifiés ou estimés si les informations ne sont pas disponibles. Le rapport détaille, par secteur, les sources statistiques et bibliographiques utilisées, les résultats d'enquêtes et hypothèses prises en compte pour chaque type d'équipement. Les tableaux en fin de synthèse récapitulent les valeurs des principaux paramètres utilisés dans le calcul 2013.



Méthode de calcul des émissions de fluides frigorigènes

En 2013, au vu des premières propositions de la Commission Européenne et du Parlement concernant la révision de la réglementation CE 842/2006, les détenteurs et opérateurs sont en position d'attente vis-à-vis de l'évolution réglementaire à venir. Aussi, les tendances 2012 se

¹ Report of the Refrigeration, Air conditioning and Heat Pumps Technical Option Committee. UNEP (United Nations Environment Programme).

² La liste des applications par domaine est fournie en annexe du rapport.

poursuivent avec, notamment un faible nombre de retrofits et de renouvellements d'installations. La crainte d'une interdiction de l'utilisation des HFC à fort PRP dans les installations neuves en limite l'utilisation dans les nouveaux équipements, notamment pour le R-404A (PRP = 3 900) dans les installations à forte charge (détente directe) du froid commercial et industriel. La pénétration des fluides "non HFC" se confirme: les hydrocarbures en petit froid commercial, le CO₂, en froid commercial centralisé (systèmes cascade ou transcritique) ainsi qu'en agroalimentaire et en transport maritime, et le renouveau de l'ammoniac en agroalimentaire notamment.

Les tendances des taux d'émissions sont relativement stables: les progrès observés sur certaines filières "fin de vie" telles que celle du froid domestique, se poursuivent. En revanche, l'enquête en froid commercial montre une grande variabilité des quantités annuelles de fluides frigorigènes consommés pour la maintenance des installations de super et hypermarchés, ce qui a conduit à maintenir le taux annuel d'émissions fugitives au niveau de 30%, révisé lors des inventaires 2012.

Pour la première fois dans les études d'inventaires, le calcul des émissions utilise les valeurs des PRP données par le 4^{ème} rapport d'évaluation du GIEC, ce qui explique certains écarts sur l'historique des émissions CO₂ équivalentes.

Résultats 2013

EMISSIONS

En 2013, les émissions de fluides frigorigènes en France métropole sont estimées à près de 8 300 tonnes, soit **18,4 millions de tonnes de CO₂ équivalentes**. Ce niveau constitue une réévaluation de plus 14% comparativement aux résultats obtenus avec les PRP du 2^{ème} rapport du GIEC. La tendance à la baisse des émissions CO₂ se poursuit cependant: elle est de - 1,3% entre 2012 et 2013. La part des HFC est croissante et constitue désormais 88 % des émissions CO₂ équivalentes. Le R-404A, du fait de son Potentiel de Réchauffement Planétaire élevé (PRP = 3 900) domine les émissions de HFC avec 8,2 millions de tonnes de CO₂ émises en 2013, suivi par le R-134a (PRP = 1 430) et 4,5 millions de tonnes de CO₂. Les émissions CO₂ de R-404A sont à 70 % dues au secteur du froid commercial. Celles de R-134a sont liées, à 63 % à la climatisation embarquée.

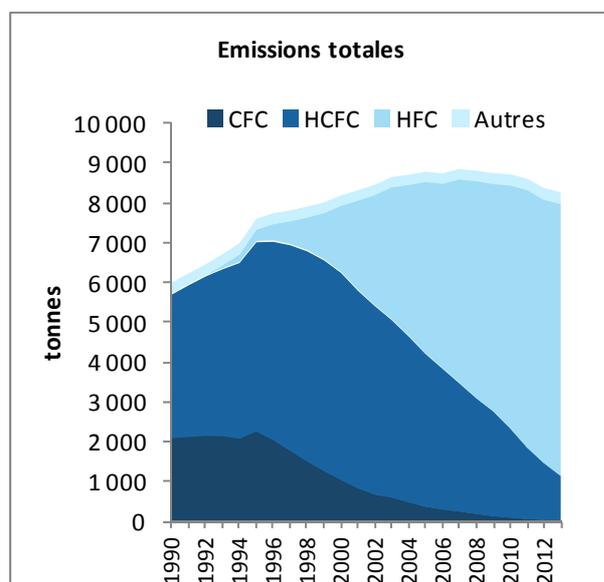


Figure I-1 - Emissions totales de fluides frigorigènes en France métropole.

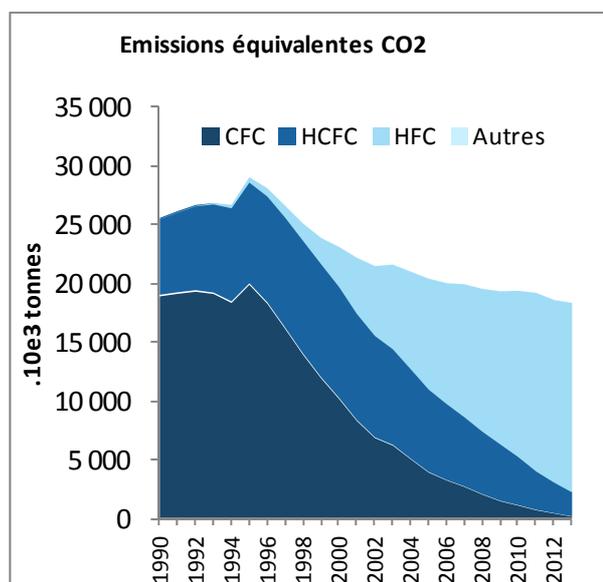


Figure I-2 - Emissions totales CO₂ équivalentes de fluides frigorigènes en France métropole.

Les émissions de R-22, en baisse de 20 % par rapport à 2012, sont évaluées à 2 millions de tonnes de CO₂ pour 2013 et liées essentiellement aux démantèlements d'installations (chillers, froid industriel et climatisation à air).

Tableau I-1 Evolution des émissions totales de fluides frigorigènes (en tonnes) en France métropolitaine.

t	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	2 100,7	3 616,0	0,0	265,7	5 982,4
1991	2 130,8	3 818,7	0,0	271,3	6 220,8
1992	2 158,6	4 009,1	0,3	272,5	6 440,4
1993	2 149,8	4 199,7	73,4	274,8	6 697,7
1994	2 085,2	4 420,2	186,8	279,6	6 971,9
1995	2 267,4	4 761,4	286,2	280,1	7 595,0
1996	2 048,0	4 992,6	411,2	281,3	7 733,0
1997	1 779,4	5 172,7	575,4	277,5	7 805,0
1998	1 508,5	5 293,1	819,5	278,1	7 899,2
1999	1 263,3	5 306,5	1 163,0	272,6	8 005,4
2000	1 051,6	5 206,2	1 657,4	268,4	8 183,6
2001	836,6	4 972,6	2 238,0	266,4	8 313,7
2002	678,7	4 742,2	2 767,1	263,4	8 451,4
2003	604,5	4 464,5	3 316,0	262,6	8 647,6
2004	483,9	4 175,3	3 781,8	262,2	8 703,2
2005	369,8	3 846,8	4 299,4	263,5	8 779,5
2006	304,9	3 545,4	4 624,5	266,0	8 740,8
2007	250,9	3 227,7	5 101,5	268,3	8 848,3
2008	189,8	2 917,1	5 428,8	270,9	8 806,6
2009	134,7	2 641,5	5 688,7	277,1	8 742,0
2010	99,8	2 251,2	6 078,1	286,4	8 715,5
2011	62,7	1 804,8	6 449,9	290,1	8 607,5
2012	37,5	1 439,3	6 593,1	298,3	8 368,1
2013	12,4	1 142,5	6 802,7	307,3	8 264,9

Tableau I-2 Evolution des émissions totales CO₂ eq. (en millions de tonnes) en France métropolitaine.

kt CO ₂ eq.	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	18 970,1	6 545,3	0,0	0,0	25 515,4
1991	19 183,2	6 912,1	0,0	0,0	26 095,3
1992	19 359,8	7 256,7	0,5	0,0	26 617,0
1993	19 163,3	7 607,2	105,0	0,0	26 875,6
1994	18 410,1	8 042,8	286,9	0,0	26 739,8
1995	19 945,4	8 688,7	463,0	0,0	29 097,2
1996	18 321,2	9 123,0	698,9	0,0	28 143,1
1997	16 164,4	9 465,8	1 017,9	0,0	26 648,1
1998	13 958,5	9 694,4	1 485,2	0,0	25 138,0
1999	11 949,3	9 728,0	2 235,4	0,0	23 912,8
2000	10 198,6	9 548,3	3 406,3	0,0	23 153,1
2001	8 312,6	9 130,2	4 785,6	0,0	22 228,5
2002	6 846,9	8 717,3	5 958,1	0,0	21 522,4
2003	6 212,2	8 217,0	7 220,1	0,0	21 649,3
2004	5 031,9	7 693,5	8 315,8	0,0	21 041,2
2005	3 903,4	7 095,6	9 450,4	0,0	20 449,3
2006	3 230,8	6 543,2	10 291,1	0,1	20 065,2
2007	2 669,9	5 958,4	11 349,0	0,1	19 977,4
2008	2 022,4	5 383,8	12 176,4	0,2	19 582,8
2009	1 447,6	4 871,9	13 053,2	0,2	19 372,9
2010	1 083,5	4 152,3	14 183,8	0,3	19 420,0
2011	683,4	3 330,1	15 220,6	0,4	19 234,4
2012	408,3	2 654,3	15 557,0	0,5	18 620,2
2013	135,0	2 103,0	16 135,8	0,6	18 374,5

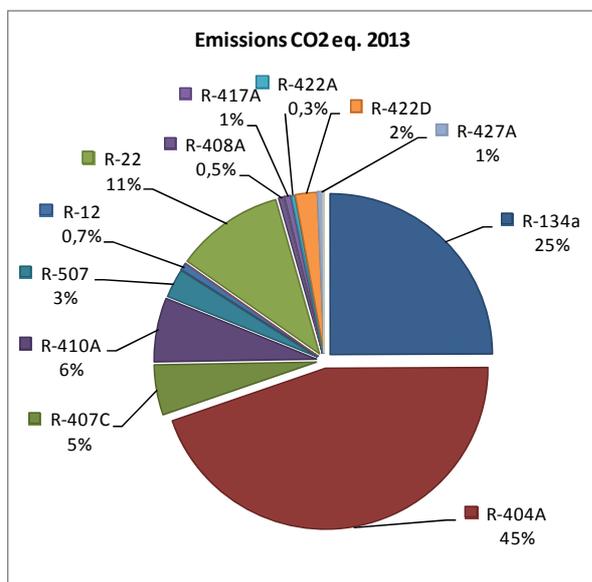


Figure I-3 - Répartition par fluide des émissions de fluides frigorigènes en équivalent CO₂ en France métropole en 2013.

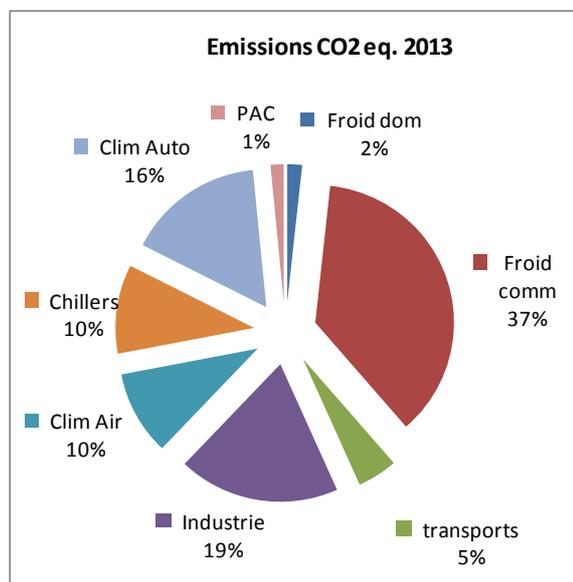


Figure I-4 - Répartition sectorielle des émissions de fluides frigorigènes en équivalent CO₂ en France métropole en 2013.

D'un point de vue sectoriel, les émissions en équivalent CO₂ de fluides frigorigènes sont largement dominées depuis plusieurs années par le secteur du froid commercial du fait de l'utilisation massive du R-404A. Le froid industriel est également concerné mais son impact sur les émissions CO₂ eq. est plus faible grâce à l'utilisation importante de l'ammoniac. La part de la climatisation embarquée est stable depuis quelques années et devrait se réduire drastiquement avec l'usage du R-1234yf qui est enfin introduit sur le marché neuf.

Dans les territoires des DOM COM, les émissions de fluides frigorigènes sont stables et estimées à 750 000 t eq. CO₂ en 2013 (dont 600 000 t eq. CO₂ dans les DOM et 150 000 t eq. CO₂ dans les COM). Ces résultats sont marqués d'une forte incertitude étant donné le peu de statistiques et communications disponibles.

BANQUE

En 2013, la banque totale de fluides frigorigènes en France métropole est stable par rapport à 2012 (+ 0,7 %) et estimée à **58 000 tonnes**. Elle est dominée par le R-134a (Figure I-6) à 40 %. Les HCFC ne représentent plus que 8 % de la banque 2013 et concernent principalement le froid industriel (30 %) et les chillers (35 %). La banque des fluides frigorigènes non fluorés est croissante et constitue désormais plus de 10 % de la banque totale; elle est principalement utilisée en froid industriel (70 %) et domestique (28 %).

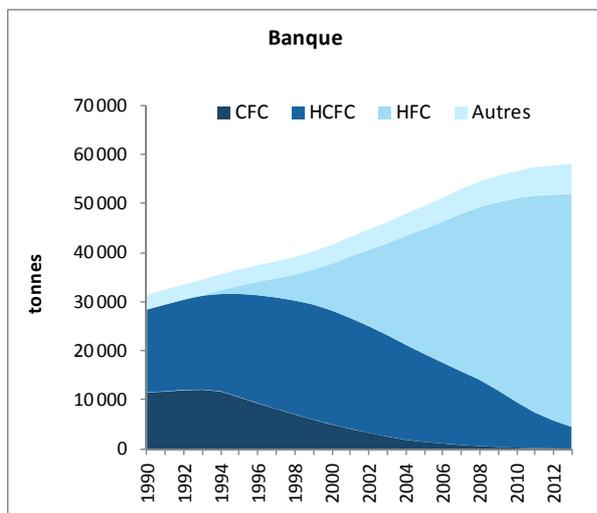


Figure I-5 - Banque de fluides frigorigènes en France métropole

Tableau I-3 Evolution de la banque de fluides frigorigènes de 1990 à 2013

(t)	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	11 511,6	16 953,6	0,0	3 028,9	31 494,0
1991	11 730,6	17 743,1	0,0	3 086,1	32 559,7
1992	11 993,7	18 477,7	2,2	3 125,0	33 598,6
1993	12 089,9	19 153,3	171,5	3 162,0	34 576,8
1994	11 715,7	19 934,1	761,5	3 215,8	35 627,2
1995	10 507,9	21 138,0	1 671,3	3 283,9	36 601,0
1996	9 288,8	22 078,9	2 740,2	3 368,2	37 476,1
1997	8 103,0	22 804,8	3 879,7	3 451,7	38 239,0
1998	6 982,5	23 328,0	5 278,3	3 550,7	39 139,6
1999	5 937,0	23 542,8	7 117,9	3 653,4	40 251,0
2000	4 929,7	23 322,0	9 538,0	3 764,3	41 553,9
2001	4 040,0	22 688,3	12 539,6	3 901,4	43 169,3
2002	3 236,3	21 845,2	15 523,0	4 045,7	44 650,1
2003	2 463,5	20 798,1	18 673,0	4 205,0	46 139,7
2004	1 802,2	19 489,6	22 192,4	4 375,4	47 859,7
2005	1 370,4	18 054,7	25 435,9	4 554,5	49 415,5
2006	1 021,8	16 603,2	28 760,8	4 741,7	51 127,4
2007	738,6	15 137,6	32 076,0	4 920,7	52 872,9
2008	500,4	13 648,3	35 188,0	5 088,9	54 425,6
2009	309,9	11 681,2	38 325,7	5 267,0	55 583,9
2010	173,6	9 474,3	41 434,2	5 471,0	56 553,0
2011	77,6	7 387,7	44 229,7	5 649,7	57 344,7
2012	20,5	5 824,7	45 975,7	5 821,3	57 642,1
2013	0,1	4 527,9	47 544,6	6 002,3	58 074,9

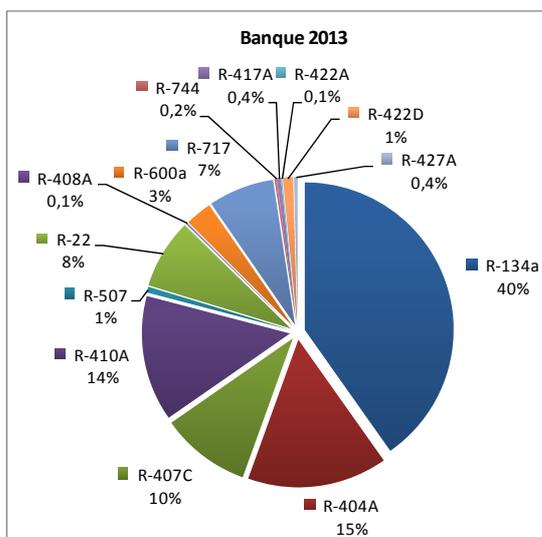


Figure I-6 - Répartition des fluides frigorigènes formant la banque de France métropole en 2013.

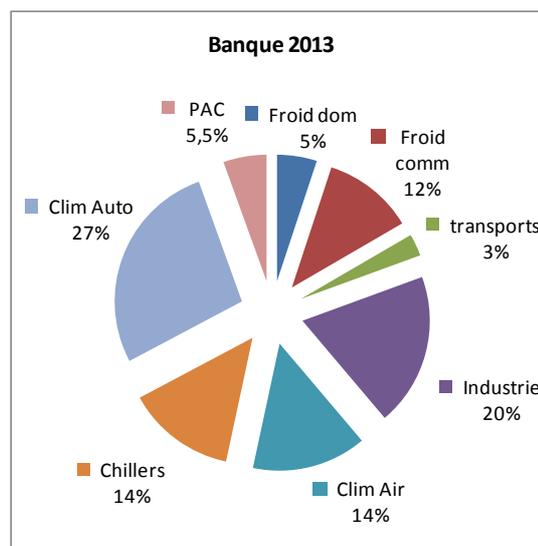


Figure I-7 - Répartition sectorielle de la banque de fluides frigorigènes de France métropole en 2013.

Le parc automobile climatisé étant toujours croissant, la climatisation embarquée domine toujours la banque totale, devant les installations aux fortes charges du froid industriel et des chillers (Figure I-7). La part du froid commercial ne représente plus que 12 % de la banque totale, les nouvelles installations centralisées étant pour la plupart des systèmes cascade ou indirects, à faibles charges.

Dans les DOM COM la banque de fluides frigorigènes est faible, d'un peu plus de 2 000 t en 2013, près des trois quarts étant dans les DOM. La banque est dominée par les HFC dans les DOM, et par le R-134a en particulier. Dans les COM la part des HCFC est équivalente à celle des HFC.

DEMANDE

Pour 2013, en France métropole, la demande totale, c'est-à-dire le besoin en fluides frigorigènes pour la production, la charge, le retrofit et la maintenance des équipements, est estimée à 10 200 t par RIEP, dont 87 % de HFC et 8 % de HCFC (Tableau I-4). Elle est dominée à parts égales (32%) par le R-134a et le R-404A. La demande en R-134a est liée, pour plus de la moitié, à la climatisation embarquée. Quant au R-404A, 70 % du marché est utilisé en froid commercial, près des deux tiers servant à la maintenance des installations.

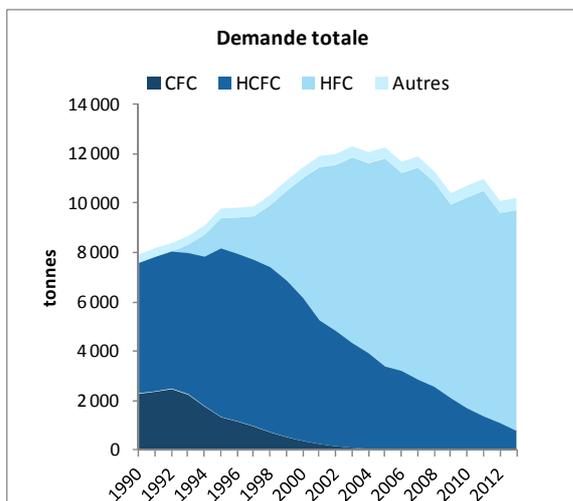


Figure I-8 - Evolution de la demande totale en fluides frigorigènes en France métropole de 1990 à 2013

Tableau I-4 Evolution de la Demande totale en fluides frigorigènes 1990 - 2013

(t)	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	2 303,4	5 295,1	0,0	341,5	7 940,0
1991	2 384,4	5 457,0	0,0	359,8	8 201,2
1992	2 491,7	5 565,3	0,0	342,4	8 399,4
1993	2 262,2	5 731,2	343,4	344,9	8 681,8
1994	1 780,3	6 070,7	885,4	369,8	9 106,2
1995	1 343,4	6 839,0	1 226,7	376,7	9 785,8
1996	1 167,9	6 798,0	1 460,8	394,5	9 821,1
1997	967,9	6 748,8	1 762,7	389,6	9 868,9
1998	728,7	6 693,0	2 512,1	407,3	10 341,1
1999	545,2	6 333,0	3 634,4	410,0	10 922,6
2000	370,4	5 807,0	4 858,3	415,5	11 451,3
2001	250,5	5 021,0	6 196,6	430,6	11 898,6
2002	170,8	4 671,4	6 713,9	427,0	11 983,1
2003	107,2	4 253,3	7 501,7	428,8	12 291,0
2004	57,1	3 888,2	7 683,4	428,1	12 056,8
2005	38,7	3 371,4	8 406,6	428,6	12 245,4
2006	25,1	3 209,9	8 000,1	433,0	11 668,2
2007	16,6	2 865,1	8 568,1	429,3	11 879,2
2008	8,6	2 578,0	8 275,6	422,8	11 285,1
2009	3,4	2 127,4	7 829,3	444,4	10 404,6
2010	1,5	1 719,2	8 518,7	473,3	10 712,7
2011	0,7	1 395,5	9 119,9	457,0	10 973,1
2012	0,3	1 124,5	8 500,8	460,9	10 086,4
2013	0,0	810,6	8 917,7	485,6	10 213,9

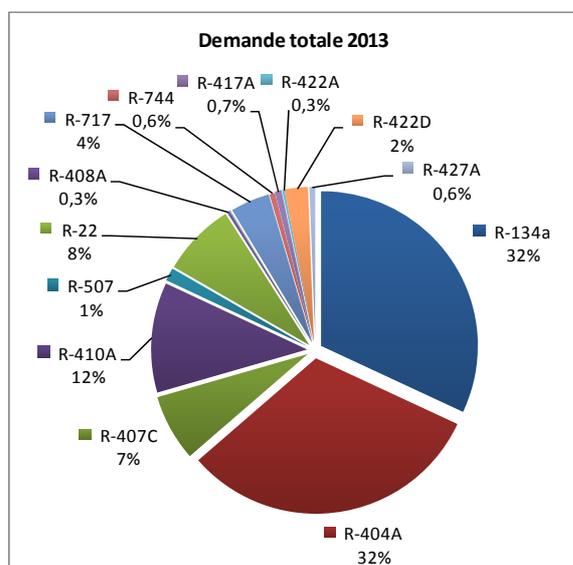


Figure I-9 - Répartition des fluides sur la demande totale calculée en 2013

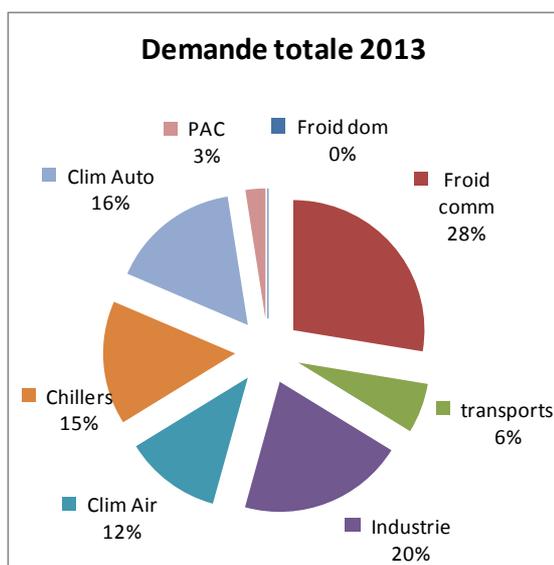


Figure I-10 - Répartition sectorielle de la demande totale en fluides frigorigènes 2013

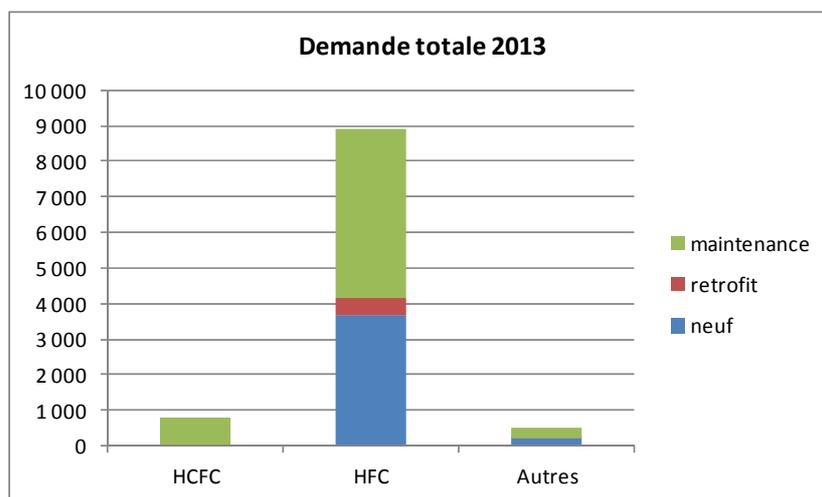


Figure I-11 - Décomposition de la demande totale par usage et famille de fluides

Tous secteurs et fluides confondus, la demande totale est liée à 57 % aux besoins en maintenance du parc d'équipements, à 38 % à la charge et la production d'équipements neufs et seulement à 5 % aux retrofits d'installations en 2013 (Figure I-11). Une nette décroissance est observée sur ce dernier usage du fait de l'attente des détenteurs vis-à-vis de l'évolution réglementaire, les conduisant à ne pas entreprendre de retrofit vers un fluide à PRP élevé qui pourrait être taxé ou interdit.

Le besoin pour la maintenance des installations au HCFC-22 est encore estimé à 800 t environ en 2013. 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.

Dans les DOM COM, la demande en fluides frigorigènes est faible, évaluée à un peu plus de 300 t, et essentiellement liée à la maintenance des installations (à 75%). Elle est dominée par le R-404A et le R-410A et les secteurs du froid commercial et de la climatisation à air.

COMPARAISON AVEC LES MARCHES DECLARES

Le SNEFCCA recense les déclarations de mise sur le marché des producteurs et distributeurs de fluides frigorigènes depuis 2000. Depuis 2009, l'OFF (Observatoire des Fluides Frigorigènes) de l'ADEME centralise également des déclarations de mises sur le marché. La comparaison de la demande totale reconstituée par RIEP (demande pour les équipements neufs ajoutée à celle pour la maintenance et le retrofit des installations) avec les marchés déclarés montre la cohérence des résultats du calcul d'inventaires et en constitue la principale étape de validation (Figure I-12).

Depuis 2010, l'écart entre la demande et le marché total s'accroît, du fait de l'interdiction de l'usage des HCFC vierges pour la maintenance des installations et de la difficulté à estimer les quantités récupérées réutilisées. En revanche, le marché d'HFC est globalement bien estimé. En 2013, la demande surestime le marché SNEFCCA de 6 %, et le marché OFF de 11 %. Le rapport présente les comparaisons par fluide et par an sur lesquelles des écarts OFF/SNEFCCA significatifs peuvent apparaître.

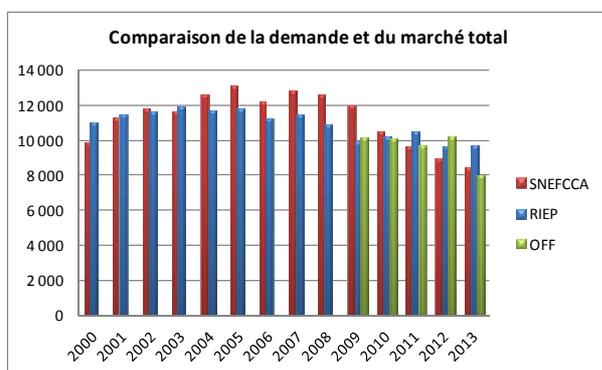


Figure I-12- Comparaison de la demande totale de gaz fluorés calculée par RIEP avec le marché total déclaré au SNEFCCA de 2000 à 2013.

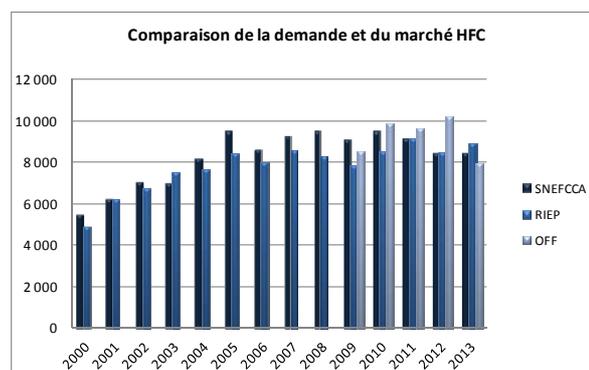


Figure I-13 - Comparaison de la demande HFC calculée par RIEP avec le marché HFC déclaré au SNEFCCA de 2000 à 2013.

En 2013, les opérateurs déclarant à l'OFF ont dû renseigner, pour la première fois, les quantités de fluides frigorigènes chargés pour la maintenance des installations. Elle est, au total HFC et HCFC, de 5 279 t selon le rapport de l'OFF. Selon RIEP, le besoin pour la maintenance des installations est estimé à 5 572 t dont 4 760 t de HFC. Cette comparaison positive tendrait à montrer que les taux d'émissions fugitives des installations sont globalement bien évalués par l'étude.

Dans le cas des territoires des DOM COM, les marchés ne sont pas recensés et cette étape de validation ne peut être réalisée.

Synthèses des hypothèses 2013

Les tableaux suivants récapitulent les valeurs des principales hypothèses prises en compte, par application, en 2013, en spécifiant les causes d'incertitudes.

- Les taux d'émissions fugitives traduisent les émissions au cours de la vie de l'équipement. Les valeurs pour l'année 2013 sont données au Tableau I-5, en précisant si le taux est relatif au parc ou au marché d'équipements neufs.
- 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-6); 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 statistiques concernant seulement une partie du parc d'installations, d'informations qualitatives ou des communications d'experts.
- Les hypothèses concernant la charge (charge moyenne ou ratio de charge en fonction de la surface ou puissance) sont données au Tableau I-7; il est précisé si ce paramètre est considéré constant au cours du temps ou non, selon les équipements. Il caractérise les équipements neufs.
- La répartition des fluides utilisés sur le marché neuf des équipements est récapitulées au Tableau I-8
- Les marchés d'équipements sont nécessaires au calcul de la banque et des émissions fugitives, à la fin de vie, lors de la maintenance et du retrofit. Les données de productions permettent 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 au Tableau I-9 et au Tableau I-10 car les chiffres peuvent être confidentiels et avoir été communiqués avec une demande de non diffusion.
- Les durées de vie sont également rappelées (Tableau I-11) . Ce paramètre n'évolue pas en fonction du temps, mais une courbe "de fin de vie" y est associée, par secteur, afin de tenir compte de la variabilité de la durée de vie des équipements d'un même millésime (année de mise sur le marché).

Tableau I-5 Taux d'émissions fugitives 2013 par secteur, sources et incertitudes.

Domaines	Sous-secteurs	taux d'émission FUGITIVES 2013	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 Reefer	15%	équipements neufs	stagnante	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	14,5%	parc	décroissante	données tendancielle anciennes. Introduction d'une courbe en S décroissante
	21 Industrie pharmaceutique	14,5%	parc	décroissante	id
22 Industrie du caoutchouc	14,5%	parc	stagnante	donnée producteur	
Groupes refroidisseurs à eau	23 Chillers de type centrifuge	3,40%	équipements neufs	décroissante	Suivi des consommations Climafort données anciennes sur lesquelles est appliquée une courbe de tendance
	24 Chillers à compresseur volumétrique de petite puissance	10%	équipements neufs	stable	
	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 »	4%	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 et Sol-Sol	5%	équipements neufs	faiblement décroissante	Données fabricants (Daikin)
	39 Chauffe-eau thermodynamique	0%	équipements neufs	constante	Système hermétique
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	14%	équipements neufs	décroissante	tendance
	43 Climatisation des trains.	5%	équipements neufs	stable depuis 2008	SNCF - taux sur le parc incluant la maintenance

Tableau I-6 Efficacité de récupération en fin de vie des équipements en 2013 par secteur.

Domaines	Sous-secteurs	Efficacité de récupération FIN DE VIE 2013	Tendance	Source & incertitude
Froid domestique	1 Réfrigérateurs simples, réfrigérateurs-congélateurs et congélateurs simples	40%	amélioration constatée	suivi DEEE et estimation du parc arrivant en fin de vie en fonction durée de vie moyenne
	2 Supermarchés	80%	constante depuis 2005	tendance donnée par les opérateurs. Mêmes opérations en fin de vie et à la maintenance
Froid commercial	3 Hypermarchés	80%	constante depuis 2005	id
	4 Groupes hermétiques présents dans les petits commerces et les distributeurs automatiques	10%	croissante	intégration dans la filière DEEE pro
	5 Groupes de condensation présents dans les petits commerces	41%	croissante	Amélioration selon courbe en S à confirmer
Transports frigorifiques	6 Groupes poulies-courroies utilisés dans les transports routiers	70%	correction 2013 à la baisse	correction à confirmer. Progression avait été surestimée selon Cemafruid.
	7 Groupes indépendants utilisés dans les transports routiers	70%	correction 2013 à la baisse	correction à confirmer. Progression avait été surestimée selon Cemafruid.
	8 Conteneurs frigorifiques utilisés dans les transports maritimes	30%	lente croissante	pas de donnée, courbe de tendance
	9 Reefers	21%	lente croissante	pas de donnée, courbe de tendance
Industries	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	47%	croissante	pas de donnée, courbe de tendance
	19 Pâtisseries	80%	correction 2013	Forte amélioration ces dernières années. Retour opérateur
	20 Industrie chimie lourde	78%	croissante - courbe en S	tendance donnée par les opérateurs. Mêmes opérations en fin de vie et à la maintenance
21 Industrie pharmaceutique	78%	croissante - courbe en S	tendance donnée par les opérateurs. Mêmes opérations en fin de vie et à la maintenance	
22 Industrie du caoutchouc	78%	croissante - courbe en S	tendance donnée par les opérateurs. Mêmes opérations en fin de vie et à la maintenance	
Groupes refroidisseurs à eau	23 Chillers de type centrifuge	80%	croissante	tendance donnée par les opérateurs. Selon Climafort niveau à faire croître à 95% car installations ICPE, excellente maintenance, très peu de pertes.
	24 Chillers à compresseur volumétrique de petite puissance	78%	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	78%	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	78%	croissante - courbe en S	tendance donnée par les opérateurs. Mêmes opérations en fin de vie et à la maintenance
Climatisation à air	27 Climatisation individuelle de type « mobile »	17%	croissante - courbe en S	début de la récupération DEEE, à confirmer
	28 Climatisation individuelle de type « window »	17%	croissante - courbe en S	début de la récupération DEEE, à confirmer
	29 Climatisation individuelle de type « split »	19%	croissante - courbe en S	début de la récupération DEEE, à confirmer
	30 Climatisation individuelle de type « multi-split »	27%	croissante - courbe en S	niveau intermédiaire particulier/pro. Tendance à confirmer
	31 Climatisation autonome de type « armoire verticale » (ou « console »)	25%	croissante - courbe en S	niveau intermédiaire particulier/pro. Tendance à confirmer
	32 Climatisation autonome de type « roof-top »	77%	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 »	76%	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 »)	70%	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 »)	22%	croissante - courbe en S	niveau intermédiaire particulier/pro. Tendance à confirmer	
Pompes à chaleur résidentielles	36 PAC Air-Eau	32%	croissante - courbe en S	courbe de tendance, pas de données précises.
	37 PAC Eau-Eau	32%	croissante - courbe en S	courbe de tendance, pas de données précises.
	38 PAC Sol-Eau et Sol-Sol	32%	croissante - courbe en S	courbe de tendance, pas de données précises.
	39 Chauffe-eau thermodynamique	32%	croissante - courbe en S	courbe de tendance, pas de données précises.
Climatisation mobile	40 Climatisation automobile	7%	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	données SNCF

Tableau I-7 Charge moyenne ou ratio par secteur en 2013, tendance, sources et incertitudes.

Domaines	Sous-secteurs	charge moyenne 2013	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 CES dédiées froid domestique
Froid commercial	2 Supermarchés	0,18 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	0,13 kg/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 3 kg 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 20 kg 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	1,6 kg	décroissante	donnée fabricant (Carrier)
	7 Groupes indépendants utilisés dans les transports routiers	6,4 kg	décroissante	donnée fabricant (Carrier)
	8 Conteneurs frigorifiques utilisés dans les transports maritimes	4,6 kg	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 700 kg 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	représentativité nationale	
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 puis stagnante	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 21 kg 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	3,5 kg	supposée constante	fabricant - révision Daikin 2011
	37 PAC Eau-Eau	2,5 kg	supposée constante	fabricant - révision Daikin 2011
	38 PAC Sol-Eau et Sol-Sol	15 kg	supposée constante	fabricant - révision Daikin 2011
	39 Chauffe-eau thermodynamique	0,5 kg	supposée constante	fabricant - révision Daikin 2011
Climatisation mobile	40 Climatisation automobile	500 g	décroissante	Valéo
	41 Climatisation des véhicules industriels	730 g	décroissante	tendance sur données constructeurs
	42 Climatisation des cars et bus	10 kg	décroissante	tendance sur données RATP
	43 Climatisation des trains.	10,3 kg	décroissante	SNCF

Tableau I-8 Fluides utilisés sur le marché neuf des équipements

Domaines	Sous-secteurs	Fluides marché neuf 2013	Source	Incertitude
Froid domestique	1 Réfrigérateurs simples, réfrigérateurs-congélateurs et congélateurs simples	R-600a: 99 à 100% R-134a: 1%	enquête de terrain magasins	tendance. Pas de nombre de ventes d'appareil par type de fluide au niveau national
Froid commercial	2 Supermarchés	30% R-404A/ 44% R-134a/ 25% CO2 / 1% R-407F	enquête de terrain chaînes de magasins et opérateurs	tendance d'utilisation opérateurs
	3 Hypermarchés	15% R-404A/ 45% R-134a/ 38% CO2 / 1% R-717 / 1% R-407F	id	tendance d'utilisation opérateurs
	4 Groupes hermétiques présents dans les petits commerces et les distributeurs automatiques	45% R-134a/ 40% R-404A/ 8% R-290/ 7% 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
Transports frigorifiques	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	99,5% R-404A/ 0,4% R-410A/ 0,1% R-134a	Cemafroid	id
	8 Conteneurs frigorifiques utilisés dans les transports maritimes	95% R-134a/ 2% R-404A/ 3% CO2	Carrier	secteur traité au niveau mondial. 10% attribués à la France.
	9 Reefers	35% R-134a/ 45% R-404A/ 20% R-22	tendance par rapport fluides utilisés historiquement	id
Industries	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	25% R-134a/ 10% 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	35% R-134a/ 15% R-404A/ 50% NH3	opérateurs	id
	14 Industrie agroalimentaire des boissons gazeuses	35% R-134a/ 15% R-404A/ 50% NH3	opérateurs	id
	15 Industrie agroalimentaire de la bière et du vin	30% R-134a/ 20% R-404A/ 50% NH3	opérateurs	id
	16 Industrie agroalimentaire des produits surgelés	15% R-134a/ 5% R-404A/ 25% CO2/ 55% NH3	opérateurs	id
	17 Entrepôts frigorifiques	15% R-134a/ 15% R-404A/ 10% CO2/ 60% NH3	opérateurs	id
	18 Tanks à lait utilisés dans l'industrie agroalimentaire	100% R-404A	fabricants	-
	19 Patinoires	77% R-134a/ 13% R-404A/ 5% R-507/ 5% NH3	opérateurs	tendance d'utilisation opérateurs
	20 Industrie chimie lourde	75% R-134a 20% 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	
Groupes refroidisseurs à eau	23 Chillers de type centrifuge	100% R-134a	Climafort	faible
	24 Chillers à compresseur volumétrique de petite puissance	75% R-410A/ 25% R-407C	Clim'Info	faible
	25 Chillers à compresseur volumétrique de moyenne puissance	89% R-410A/ 10% R-407C 1% NH3	Clim'Info	faible
	26 Chillers à compresseur volumétrique de forte puissance	25% R-407C/ 40% R-134a 34% R-410A/ 1% NH3	Clim'Info	faible
Climatisation à air	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 »	99% R-410A 1% 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 »	85% R-410A 15% R-407C	Clim 'Info	faible
	33 Climatisation autonome de type « DRV »	65% R-410A 18% R-407C 17% R-134a	Clim 'Info	faible
	34 Climatisation autonome de type split ou multi split (ou « central AC »)	98% R-410A 2% R-407C	Clim 'Info	faible
	35 Climatisation autonome de type « armoire spéciale » (ou « cabinet »)	99% R-410A 1% R-407C	Clim Info	faible
Pompes à chaleur résidentielles	36 PAC Air-Eau	90% R-410A/ 3% R-407C 5% R-134a/ 2% R-290	Clim Info	moyenne - catégories Clim Info différentes
	37 PAC Eau-Eau	50% R-407C/ 45% R-410A 5% R-134a	Clim Info	moyenne - catégories Clim Info différentes
	38 PAC Sol-Eau et Sol-Sol	50% R-407C/ 45% R-410A 5% R-134a	Clim Info	moyenne - catégories Clim Info différentes
	39 Chauffe-eau thermodynamique	100% R-134a	Clim Info	moyenne - catégories Clim Info différentes
Climatisation mobile	40 Climatisation automobile	95% R-134a 5% R-1234yf	Valéo	faible
	41 Climatisation des véhicules industriels	100% R-134a	tendance	faible
	42 Climatisation des cars et bus	100% R-134a	tendance	faible
	43 Climatisation des trains.	50% R-134a 50% R-407C	répartition annuelle R-134a/ R-407C variable	lien étroit avec le type d'équipement au sein des trains. Très variable.

Tableau I-9 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 parc et 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 fermetures 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
Pompes à chaleur résidentielles	27 Climatisation individuelle de type « mobile »	Clim'Info	plus de suivi	forte incertitude. Pas de suivi des importations.
	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 et Sol-Sol	Clim'Info	poursuite suivi AFPAC	incertitude sur l'historique. Possibilités de double comptages dans les années 2005-2007
	39 Chauffe-eau thermodynamique	Clim'Info	prise en compte à partir inventaires 2013	incertitude sur le début du suivi statistique
Climatisation automobile	40 Climatisation automobile	marchés CCFA courbe tendance véhicules climatisés (94,5% en 2013)	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. Pas de données tramways.
	43 Climatisation des trains.	estimés en fonction de l'évolution du parc SNCF	suivi régulier	faible

Tableau I-10 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
	2	Supermarchés	pas utilisée	charge sur site	—
Froid commercial	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 2010-2013. Incertitude part de la France.
	9	Reefers	id marché	marché = production	estimation à 10% du niveau mondial
Industries	10	Industrie agroalimentaire de la viande	FAO		Faible mais 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	moyenne
	21	Industrie pharmaceutique	Arkema	id	moyenne
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	Uniclîma	ordre de grandeur	forte incertitude
	37	PAC Eau-Eau	Uniclîma	ordre de grandeur	forte incertitude
	38	PAC Sol-Eau et Sol-Sol	Uniclîma	ordre de grandeur	forte incertitude
	39	Chauffe-eau thermodynamique	Clim Info	ordre de grandeur	forte incertitude
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-11 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 et Sol-Sol	15	ordre de grandeur fabricant
	39	Chauffe-eau thermodynamique	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

Tableau I-12 - 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	id
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	id
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 tendanciels
	11	Industrie agroalimentaire du poisson	id
	12	Industrie agroalimentaire des produits laitiers	id
	13	Industrie agroalimentaire du chocolat	id
	14	Industrie agroalimentaire des boissons gazeuses	id
	15	Industrie agroalimentaire de la bière et du vin	id
	16	Industrie agroalimentaire des produits surgelés	id
	17	Entrepôts frigorifiques	id
	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 et Sol-Sol	pas de données précises productions - tendances Charge supposée constante - Données fluides globales PAC
	39	Chauffe-eau thermodynamique	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

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). Dans cette édition, l'application des chauffe-eaux thermodynamiques a été introduite dans le domaine des PAC. Par ailleurs, les PAC sol/eau et sol/sol ont été regroupées dans un même sous-secteur, leurs caractéristiques étant proches et les statistiques de marché étant communes. Le secteur des tramways a également été introduit dans le domaine de la climatisation embarquée. Même s'il représente encore une banque très faible, de plus en plus de villes sont équipées de tramways climatisés.

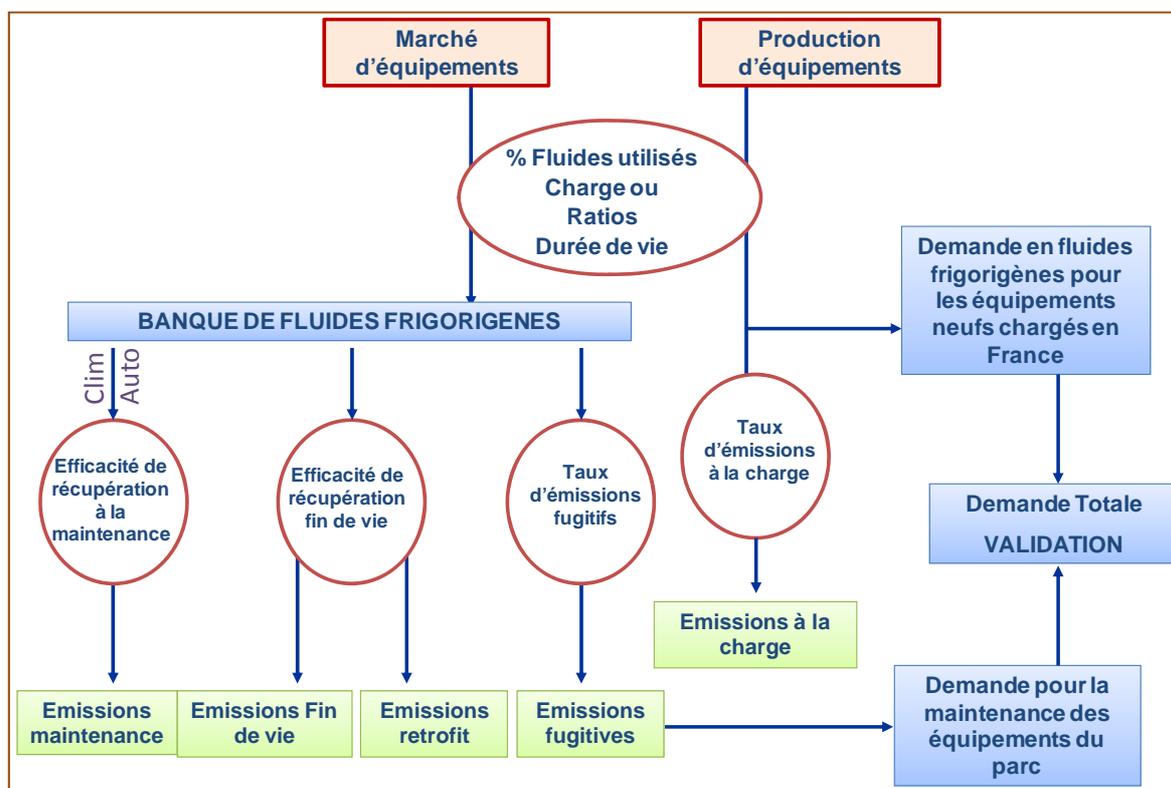


Figure II-1 - Méthode de calcul

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].

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 évaluées en fonction des quantités chargées dans les équipements produits. Il est considéré que le même type d'émissions a lieu lors de la recharge à la maintenance ou au retrofit. Jusqu'à présent, ces émissions étaient calculées de manière homogène pour toutes les applications, estimées à 5 % des quantités chargées dans les équipements produits en France. Un coefficient propre à chaque secteur a été introduit dans ces inventaires, de façon à pouvoir prendre en compte les spécificités de chaque application et notamment un coefficient moindre pour les équipements chargés d'usine. Les taux d'émissions à la charge varient désormais entre 2 et 5 % selon les domaines.

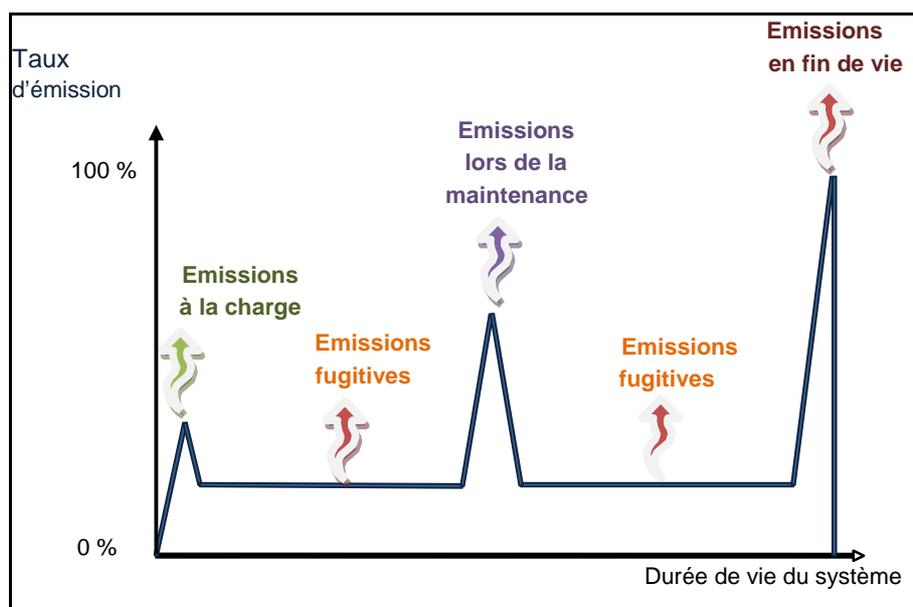


Figure II-2 – Emissions au cours de la vie de l'équipement

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 CES ([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 [ROY13] (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 [OFF14]. Depuis 2013, les quantités utilisées par les opérateurs pour la maintenance des installations sont également déclarées et communiquées dans le rapport de l'OFF au niveau global. Une demande a été faite afin d'obtenir ces informations par fluide et, si possible, par secteur.

Le rapport est structuré de façon à décrire la méthode, les hypothèses et les spécificités propres à chaque secteur, puis à présenter les résultats du secteur considéré. Les résultats globaux et l'étape de comparaison avec les marchés déclarés sont présentés préalablement, dans le chapitre suivant (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 2013. 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 CO₂ (selon les valeurs de PRP du 4^{ème} Rapport d'évaluation du GIEC qui sont désormais les valeurs de référence pour la déclaration auprès de l'UNFCCC)
- et des quantités de fluides récupérées pour 2013.

Les résultats pour les DOM et les COM sont présentés à la suite, au niveau global.

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.

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 [OFF14]. Cependant, des incohérences sont observées pour certaines années sur plusieurs fluides, en comparaison avec les marchés SNEFCCA.

III.2 - Analyse du marché des fluides frigorigènes

III.2.1 - Résultats 2013 de la demande totale calculée

Pour 2013, la demande totale est estimée à 10 200 t par RIEP. Elle est en croissance de 1 % par rapport à 2012 (Figure III-1). Elle est constituée à 87 % de HFC et à 8 % de HCFC. La demande est dominée par celle du R-134a (3 250 t) et du R-404A (3 200 t). Le R-134a est utilisé dans de nombreux secteurs mais près de la moitié de son marché est encore lié à la climatisation embarquée. Près des deux tiers de la demande en R-404A est utilisée pour la maintenance des installations de froid commercial et industriel. Le marché du R-410A, fortement utilisé en climatisation à air (56 %) est en croissance par rapport à 2012 et atteint près de 1 200 t en 2013. Le marché des fluides "de remplacement" poursuit sa baisse depuis 2010 et est estimé à environ 400 t tous fluides confondus.

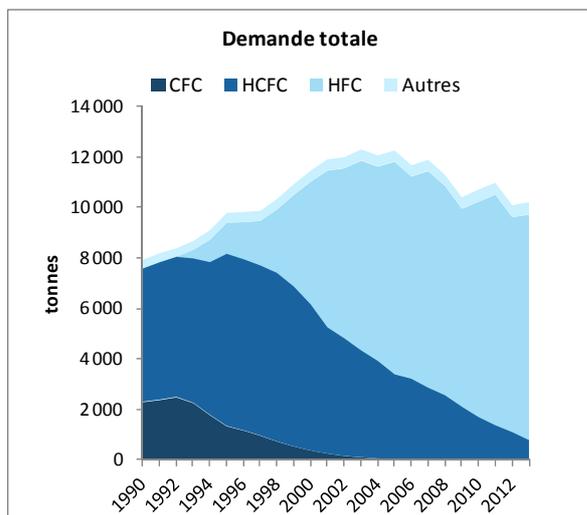


Figure III-1 Evolution de la demande totale en fluides frigorigènes en France métropole de 1990 à 2013

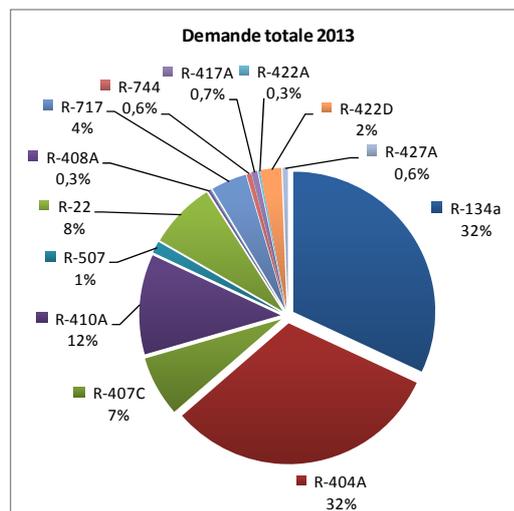


Figure III-2 Répartition des fluides sur la demande totale calculée en 2013

Le besoin pour la maintenance des installations au HCFC-22 est encore estimé à 800 t environ en 2013. Il convient de noter que l'estimation donnée par RIEP de la demande en HCFC correspond au besoin des installations pour leur maintenance en fonction du nombre d'installations présentes sur le parc, celui-ci dépendant des hypothèses de durée de vie et du nombre annuel de retrofits. La demande estimée peut être supérieure au marché du fait de stocks effectués préalablement, de l'utilisation de fluides récupérés d'autres installations ou d'un besoin non satisfait pour la maintenance.

Tableau III-1 - Evolution de la **Demande totale** en fluides frigorigènes 1990 - 2013

(t)	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	2 303,4	5 295,1	0,0	341,5	7 940,0
1991	2 384,4	5 457,0	0,0	359,8	8 201,2
1992	2 491,7	5 565,3	0,0	342,4	8 399,4
1993	2 262,2	5 731,2	343,4	344,9	8 681,8
1994	1 780,3	6 070,7	885,4	369,8	9 106,2
1995	1 343,4	6 839,0	1 226,7	376,7	9 785,8
1996	1 167,9	6 798,0	1 460,8	394,5	9 821,1
1997	967,9	6 748,8	1 762,7	389,6	9 868,9
1998	728,7	6 693,0	2 512,1	407,3	10 341,1
1999	545,2	6 333,0	3 634,4	410,0	10 922,6
2000	370,4	5 807,0	4 858,3	415,5	11 451,3
2001	250,5	5 021,0	6 196,6	430,6	11 898,6
2002	170,8	4 671,4	6 713,9	427,0	11 983,1
2003	107,2	4 253,3	7 501,7	428,8	12 291,0
2004	57,1	3 888,2	7 683,4	428,1	12 056,8
2005	38,7	3 371,4	8 406,6	428,6	12 245,4
2006	25,1	3 209,9	8 000,1	433,0	11 668,2
2007	16,6	2 865,1	8 568,1	429,3	11 879,2
2008	8,6	2 578,0	8 275,6	422,8	11 285,1
2009	3,4	2 127,4	7 829,3	444,4	10 404,6
2010	1,5	1 719,2	8 518,7	473,3	10 712,7
2011	0,7	1 395,5	9 119,9	457,0	10 973,1
2012	0,3	1 124,5	8 500,8	460,9	10 086,4
2013	0,0	810,6	8 917,7	485,6	10 213,9

III.2.2 - Répartition sectorielle de la demande des fluides frigorigènes

Les secteurs du froid commercial et du froid industriel, dont les charges installées et les taux d'émissions fugitifs sont élevés confortent leurs positions de secteurs les plus utilisateurs de fluides frigorigènes. Les demandes totales en fluides frigorigènes sont estimées à 2 800 t pour le froid commercial et 2 100 t pour le froid industriel en 2013.

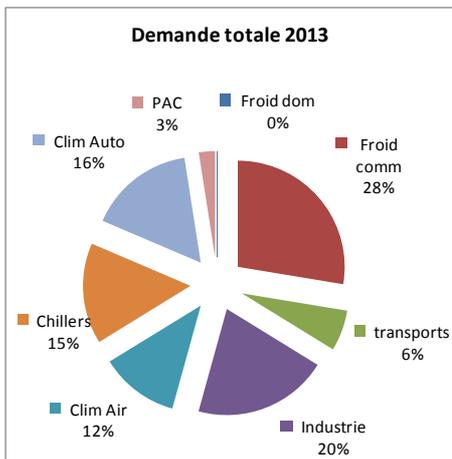


Figure III-3 Répartition sectorielle de la demande totale en fluides frigorigènes 2013

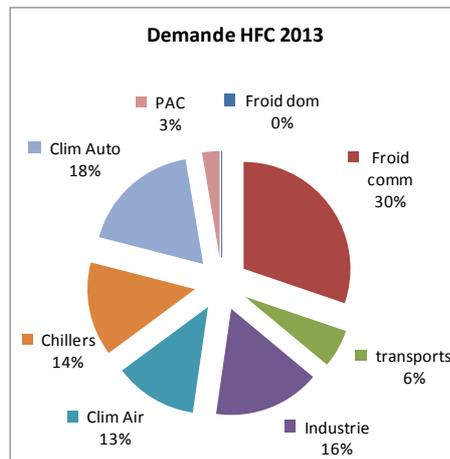


Figure III-4 Répartition sectorielle de la demande totale en HFC en 2013

Etant donnée la forte utilisation de l'ammoniac en froid industriel, sa part, rapportée à la demande en HFC est moindre. Le froid commercial domine le marché HFC suivi par la climatisation automobile (1 600 t en 2013).

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

En 2013, le marché total de fluides frigorigènes (hors ammoniac) déclaré au SNEFCCA est de 8 425 t contre 9 730 t estimées par RIEP (en ne considérant que les fluides fluorés), soit une surestimation de 15 % mais un écart cumulé depuis 2000 de 3 %. La Figure III-5 permet de comparer le marché déclaré par les producteurs de fluides frigorigènes au SNEFCCA, les déclarations à l'OFF (Observatoire des Fluides Frigorigènes) de l'ADEME et la demande évaluée par RIEP, de 2000 à 2013, après la mise à jour 2013, incluant certaines corrections sur l'historique. Une cohérence globale est observée, l'écart maximum de 17 % en 2009 s'expliquant par un niveau élevé du marché déclaré des HCFC, lié à un stockage très probable dû à l'interdiction d'utilisation de HCFC vierges pour la maintenance des installations au 1er Janvier 2010.

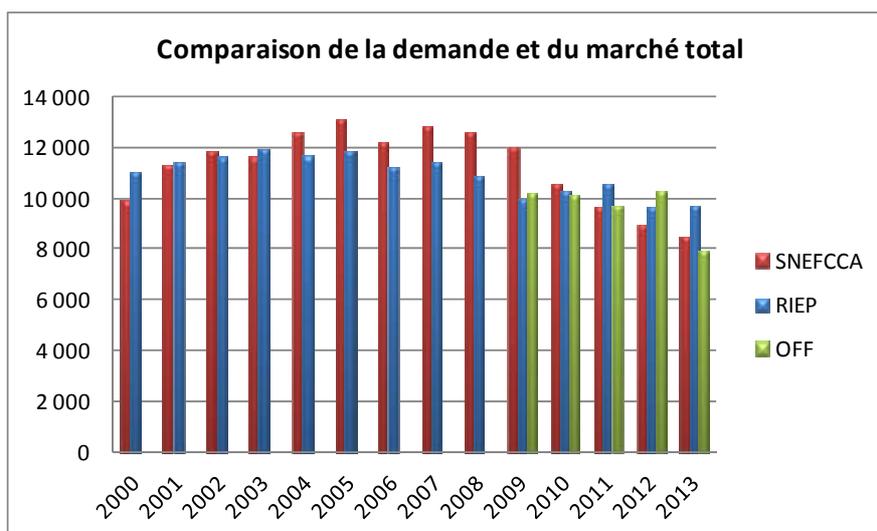


Figure III-5 - Comparaison des marchés déclarés (SNEFCCA) et des demandes calculées (RIEP)

Les tonnages bruts déclarés mis sur le marché à l'OFF, de 7 943 t pour 2013, sont cohérents avec les déclarations au SNEFCCA, même si sur certains fluides, les écarts restent importants.

La Figure III-6 compare, dans le cas des HCFC, le marché déclaré au SNEFCCA à la demande reconstituée par RIEP et aux déclarations à l'OFF. Depuis 2010, il s'agit d'un marché de fluides régénéré. La Figure III-7 présente les mêmes comparaisons pour le marché total de HFC.

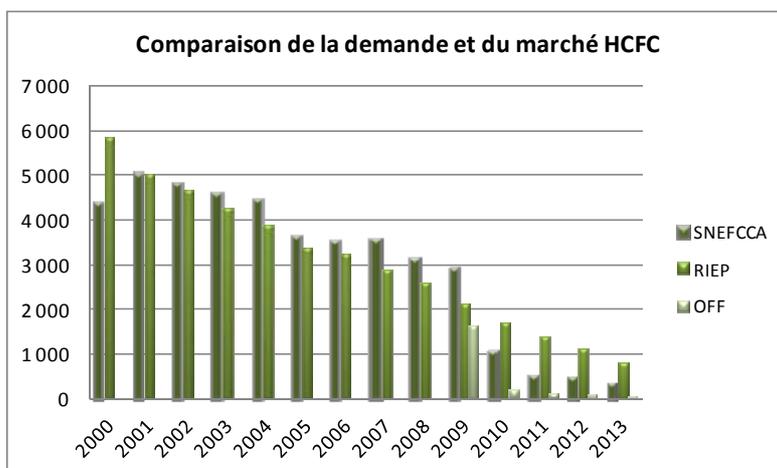


Figure III-6 - Marchés déclarés et demandes calculées de HCFC

La demande de HCFC était historiquement sous-évaluée par RIEP. 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 le besoin de fluides frigorigènes pour la maintenance de la banque restante à 480 t en 2013. Selon les déclarations des distributeurs au SNEFCCA, les quantités de HCFC qui leur sont retournées sont de 330 t. Selon l'OFF, les quantités de HCFC mises sur le marché ne sont que de 21 t mais celles déclarées cédées aux opérateurs sont de 233 t en 2013 [OFF14].

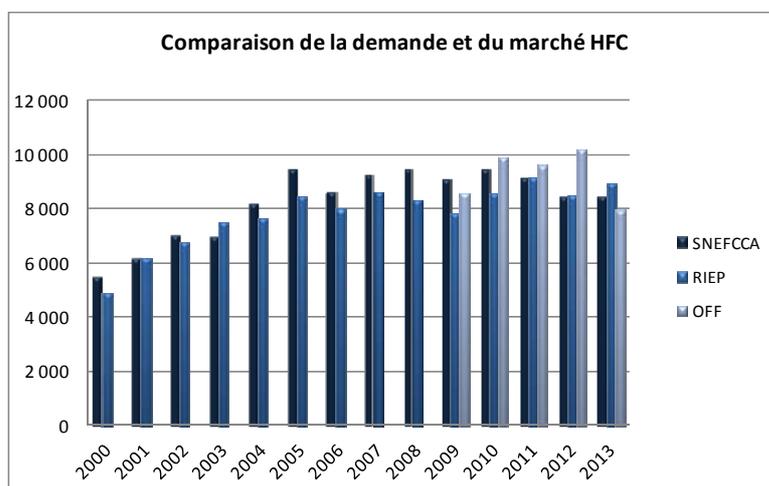


Figure III-7 - Marchés déclarés et demandes calculées de HFC

A la suite de la mise à jour des inventaires 2012 [BAR12], 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 s'est réduit. Il est de 5 % au cumulé sur 1990-2013. En 2013 la demande RIEP est estimée à 8 900 t contre 8 425 t déclaré au SNEFCCA et 7 922 t à l'OFF(Figure III-7).

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 globalement bien approché par la demande calculée (Figure III-8), l'écart cumulé avec les déclarations SNEFCCA étant de 3 % sur la période 1990-2013. Cependant, en 2013, la demande de HFC-134a, estimée à 3 200 t par RIEP est supérieure de 18 % au marché déclaré au SNEFCCA (Figure III-8). Paradoxalement, cette demande est bien représentée par les déclarations à l'OFF.

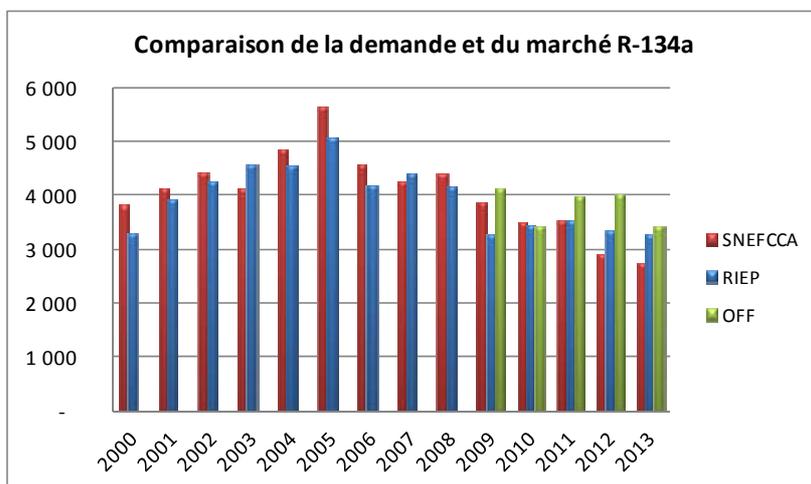


Figure III-8- Comparaison de la demande estimée et des marchés déclarés de HFC-134a

La Figure III-9 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.

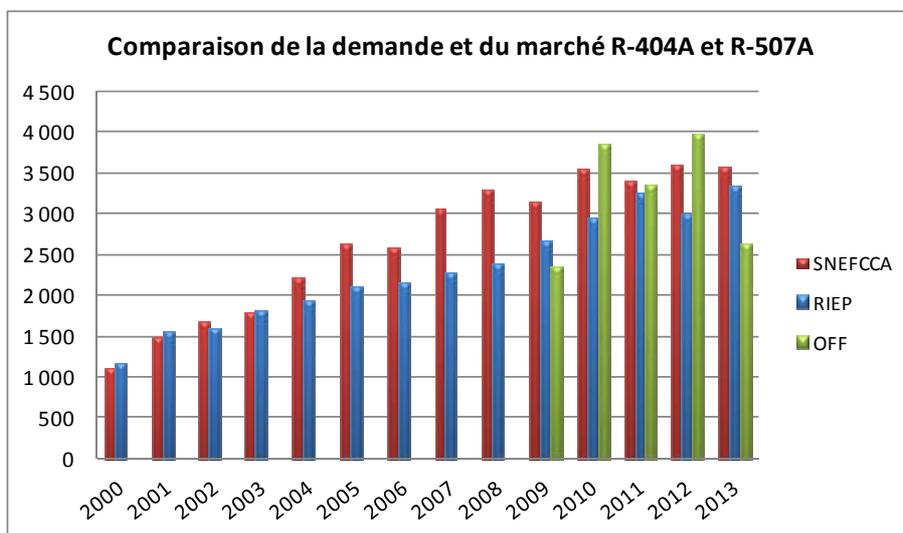


Figure III-9 - Comparaison de la demande estimée au marché déclaré de R-404A et de R-507A

Les corrections apportées aux taux d'émissions du froid commercial et industriel ont permis, depuis la correction des taux d'émissions lors des inventaires 2012, de réduire les écarts de la demande RIEP de R-404A avec les marchés déclarés au SNEFCCA (Figure III-9). Une étude paramétrique, lors des inventaires 2012, avait montré que l'écart était encore réduit, sur toutes les années, en augmentant les taux d'émissions des installations de froid commercial et agroalimentaire de 10% sur l'historique. Cependant, l'enquête n'a pas permis d'obtenir des éléments complémentaires, issus de contrôles notamment, qui auraient permis de conforter cette tendance. Les taux ont donc été maintenus au niveau corrigé de 2012, et l'écart entre la demande et le marché SNEFCCA sur 2013 n'est que de 6 %.

Les déclarations SNEFCCA et OFF présentent un écart de 35% en 2013 qui n'est pas expliqué.

Les niveaux de demande calculée pour les autres HFC (Figure III-10 et Figure III-11) sont assez bien représentés par le calcul RIEP. Les écarts cumulés avec les déclarations SNEFCCA sont inférieurs 1 % sur la période 1990-2013, pour le R-407C comme le R-410A, principalement utilisés dans le secteur de la climatisation à air et des chillers. En 2013, les demandes de R-407C et R-410A calculées par RIEP surestiment les marchés déclarés au SNEFCCA de 10 et 8 % respectivement. Les écarts avec l'OFF sont sur ces fluides plus significatifs.

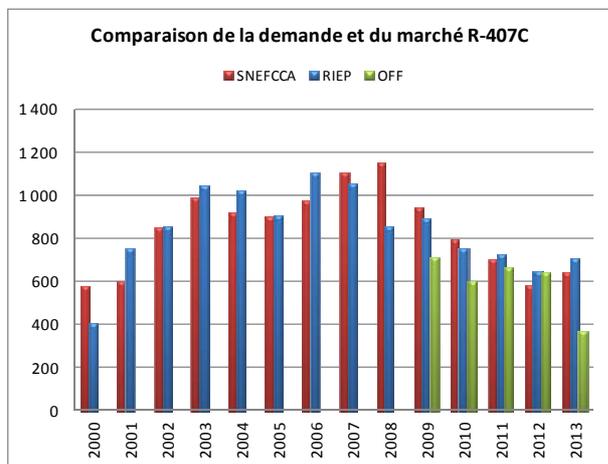


Figure III-10 -- Comparaison de la demande estimée au marché déclaré de R-407C

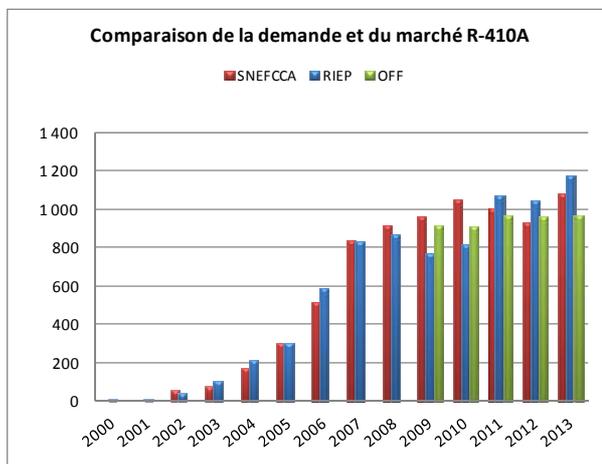


Figure III-11 -- Comparaison de la demande estimée au marché déclaré de R-410A

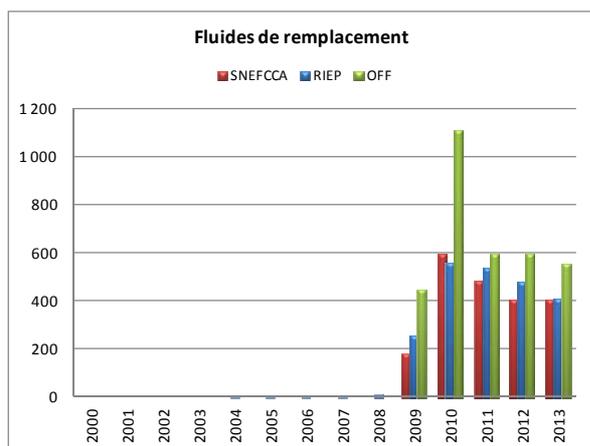


Figure III-12 - Comparaison de la demande au marché déclaré des fluides de remplacement

La Figure III-12 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. Ces fluides, utilisés principalement pour le remplacement du R-22, ont un marché qui tend à décroître.

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 CO₂ et les quantités récupérées en fin de vie des installations.

III.3 – Résultats complets inventaires 2013 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 3 900 t en 2013. Elle est en croissance de 10 % par rapport à 2012.

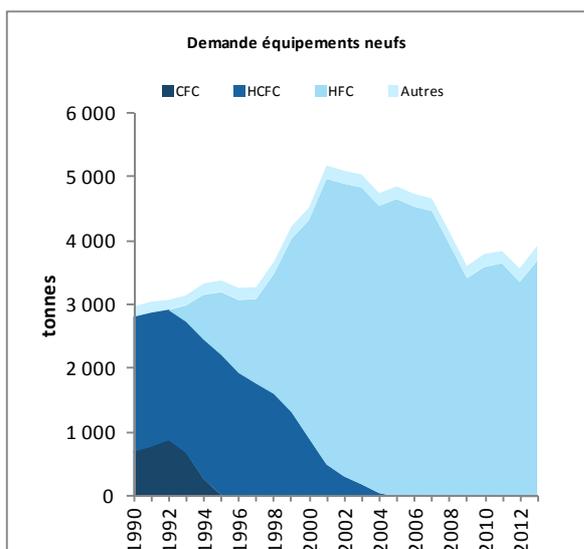


Figure III-13 Demande en fluides frigorigènes pour les équipements neufs en France métropole

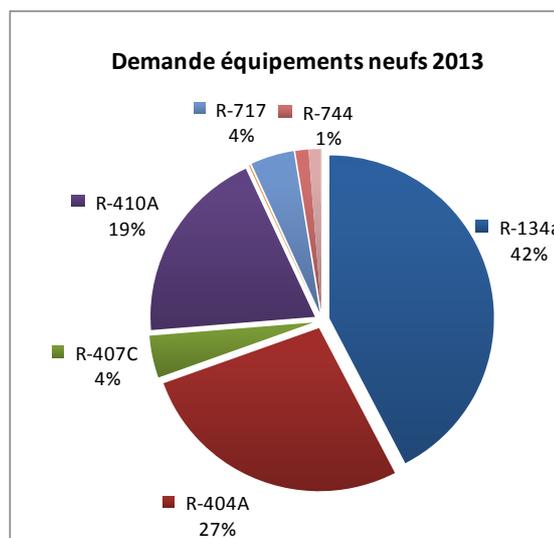


Figure III-14 Répartition des fluides utilisés pour les équipements neufs en France métropole

La demande pour les équipements neufs est toujours dominée par le HFC-134a en 2013 (Figure III-14) même si sa part est moindre étant donné la réduction de la production automobile en 2013, puis par le R-404A encore présent dans les nouvelles installations de froid commercial et froid industriel, et enfin le R-410A (19 %), de plus en plus utilisé en production d'équipements de climatisation à air au détriment du R-407C.

Tableau III-2 - Demande en fluides frigorigènes pour les équipements neufs de 1990 à 2013

tonnes	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	701	2 108	-	157	2 966
1991	776	2 097	-	172	3 045
1992	880	2 042	-	151	3 073
1993	681	2 057	258	152	3 147
1994	274	2 186	700	173	3 333
1995	28	2 193	984	176	3 381
1996	12	1 924	1 141	185	3 263
1997	-	1 770	1 327	179	3 276
1998	-	1 611	1 872	188	3 670
1999	-	1 324	2 715	190	4 230
2000	-	912	3 418	195	4 525
2001	-	505	4 469	209	5 184
2002	-	318	4 583	205	5 105
2003	-	195	4 647	202	5 043
2004	-	57	4 495	200	4 752
2005	-	1	4 660	198	4 859
2006	-	0	4 540	198	4 738
2007	-	0	4 474	193	4 667
2008	-	0	3 955	188	4 143
2009	-	0	3 422	185	3 607
2010	-	0	3 595	202	3 797
2011	-	0	3 657	187	3 844
2012	-	0	3 360	211	3 571
2013	-	0	3 693	230	3 923

Répartition sectorielle de la demande en fluides frigorigènes

En 2013, les hypothèses de renouvellement du marché conduisent à faire apparaître le froid commercial au premier rang du marché pour les équipements neufs, pour la première fois au niveau de la climatisation automobile (Figure III-15). 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, une partie des équipements est importée chargée et n'est donc pas comptabilisée dans la demande pour les équipements neufs.

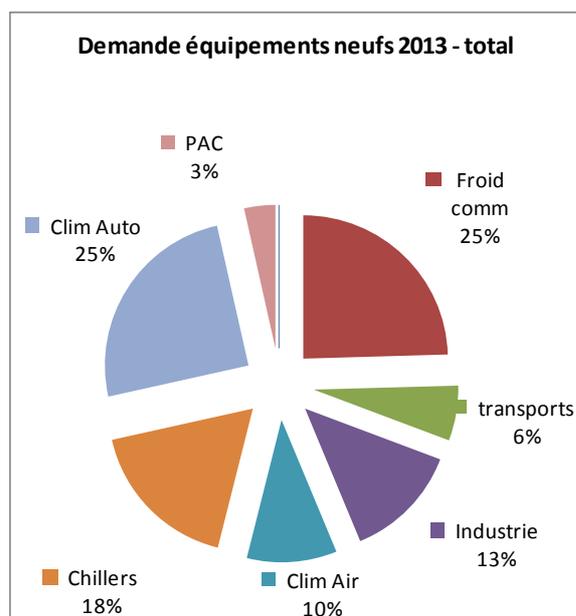


Figure III-15 – Répartition sectorielle de la demande en fluides frigorigènes pour les équipements neufs

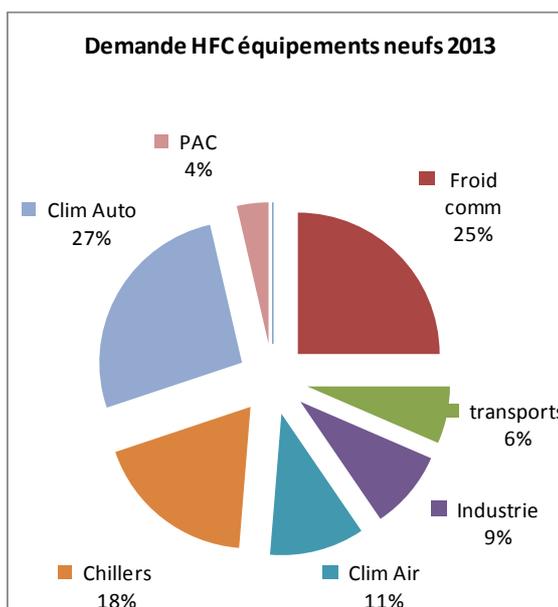


Figure III-16 – Répartition sectorielle de la demande en HFC pour les équipements neufs

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-17), mais elle est en décroissance sur 2012-2013, du fait de la période de révision de la réglementation "F-Gas". Elle est estimée à 470 t en 2013 et dominée par le R-422D.

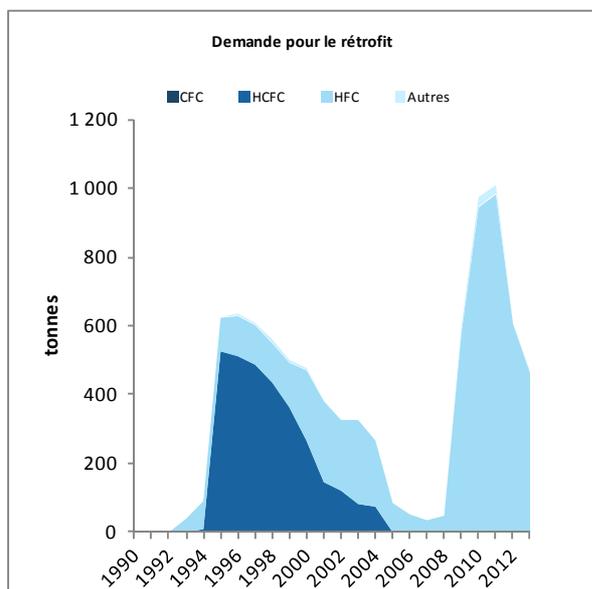


Figure III-17 Demande en fluides frigorigènes pour les retrofits d'installations en France métropole

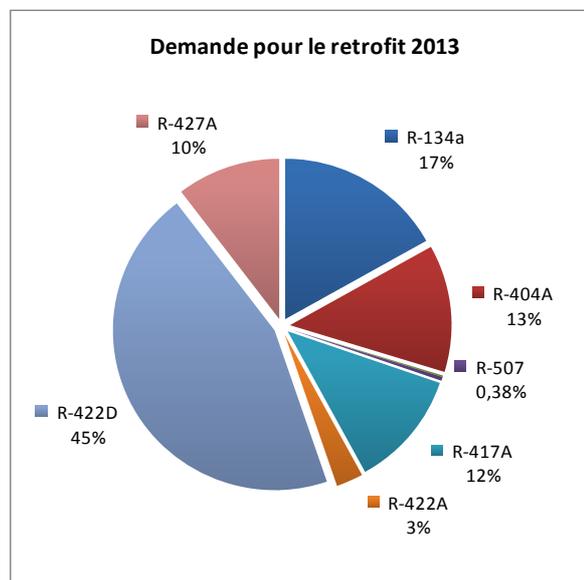


Figure III-18 Répartition des fluides utilisés pour les retrofits d'installations en France métropole

La série des fluides dits "de remplacement" est principalement utilisée pour les retrofits des installations aux HCFC (Figure III-18) mais les retrofits vers le R-404A sont également importants puisqu'ils constituent 13 % de la demande pour les retrofits d'installations en France métropole.

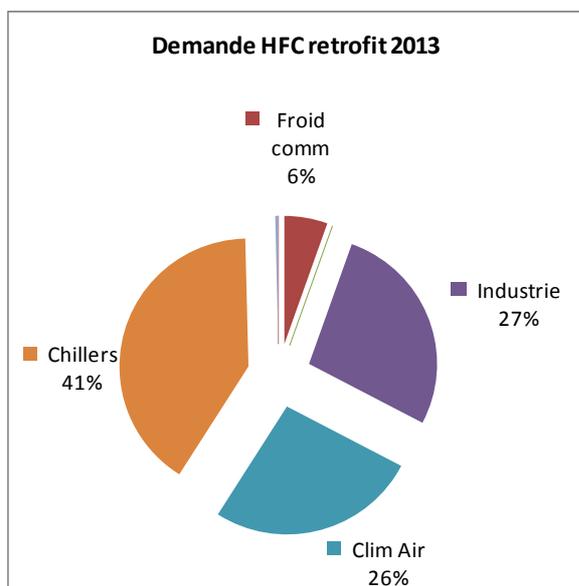


Figure III-19 – Répartition sectorielle de la demande en fluides frigorigènes

Tableau III-3 - Demande en fluides frigorigènes pour les retrofits d'installations de 1990 à 2013

tonnes	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	-	-	-	-	-
1991	-	-	-	-	-
1992	-	-	-	-	-
1993	-	-	39	-	39
1994	-	9	82	-	91
1995	-	526	98	-	624
1996	-	512	117	5	635
1997	-	488	115	4	607
1998	-	436	115	9	560
1999	-	364	130	7	500
2000	-	266	205	5	476
2001	-	146	235	2	383
2002	-	121	206	0	327
2003	-	82	245	0	327
2004	-	74	193	-	267
2005	-	-	85	-	85
2006	-	-	52	-	52
2007	-	-	35	-	35
2008	-	-	48	-	48
2009	-	-	579	18	597
2010	-	-	946	27	973
2011	-	-	983	24	1007
2012	-	-	606	1	607
2013	-	-	463	4	468

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 2013. Elle est en légère décroissance, de 1 %, par rapport au niveau de 2012, représentative de la stabilité de la banque et de la tendance stable ou décroissante, selon les secteurs, des taux d'émissions.

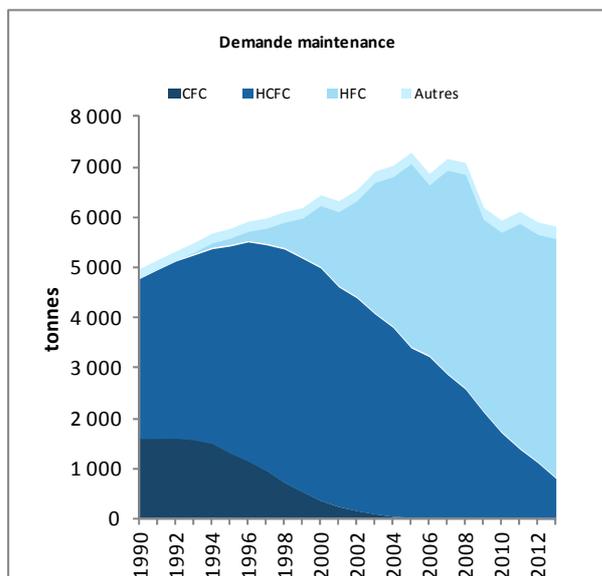


Figure III-20 Demande en fluides frigorigènes pour la maintenance des équipements du parc de France métropole

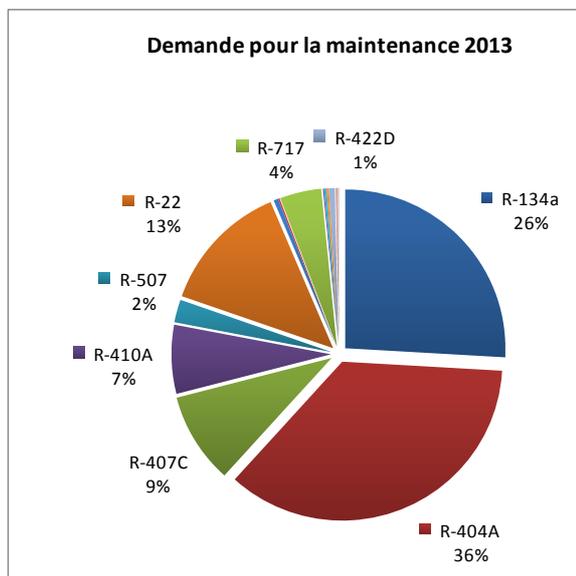


Figure III-21 Répartition des fluides utilisés pour la maintenance du parc des équipements de France métropole

Tableau III-4 - Demande en fluides frigorigènes pour la maintenance de 1990 à 2013

tonnes	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	1 603	3 187	-	184	4 974
1991	1 608	3 360	-	188	5 156
1992	1 612	3 524	-	191	5 326
1993	1 581	3 675	46	193	5 495
1994	1 506	3 876	103	197	5 683
1995	1 316	4 119	145	200	5 781
1996	1 155	4 361	202	204	5 923
1997	968	4 491	320	207	5 986
1998	729	4 647	525	210	6 111
1999	545	4 645	790	213	6 193
2000	370	4 629	1 235	216	6 450
2001	251	4 370	1 492	220	6 332
2002	171	4 233	1 926	222	6 551
2003	107	3 976	2 610	227	6 921
2004	57	3 757	2 996	228	7 038
2005	39	3 371	3 662	231	7 301
2006	25	3 210	3 408	235	6 878
2007	17	2 865	4 059	237	7 177
2008	9	2 578	4 273	235	7 094
2009	3	2 127	3 829	242	6 201
2010	1	1 719	3 977	245	5 943
2011	1	1 395	4 479	246	6 122
2012	0	1 124	4 535	249	5 908
2013	0	811	4 762	251	5 824

La demande en R-22 est, à l'image du parc d'installations, en forte baisse et ne constitue plus que 14 % de la demande pour la maintenance en 2013.

La révision des taux d'émissions des installations de froid commercial et agroalimentaire sur l'historique lors des inventaires 2012 [BAR12] a conduit à une réévaluation du marché maintenance de R-404A: avec plus de 2 000 t, il domine désormais nettement le marché maintenance (Figure III-21). La demande en R-134a, de 1 500 t en 2013, représente 1/4 de la demande pour la maintenance du parc, dont plus de 40 % est utilisée par la climatisation embarquée.

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 14 % en 2013, liée aux hypothèses de dégradation du taux d'émission du modèle de calcul et de renouvellement du parc. Des données précises sur le marché maintenance n'ont pas pu être obtenues pour valider ce point cependant, une extraction est à l'étude avec l'OFF étant donné que les opérateurs ont désormais l'obligation de distinguer dans leurs déclarations les quantités utilisées pour la charge des équipements neufs de celles pour la maintenance.

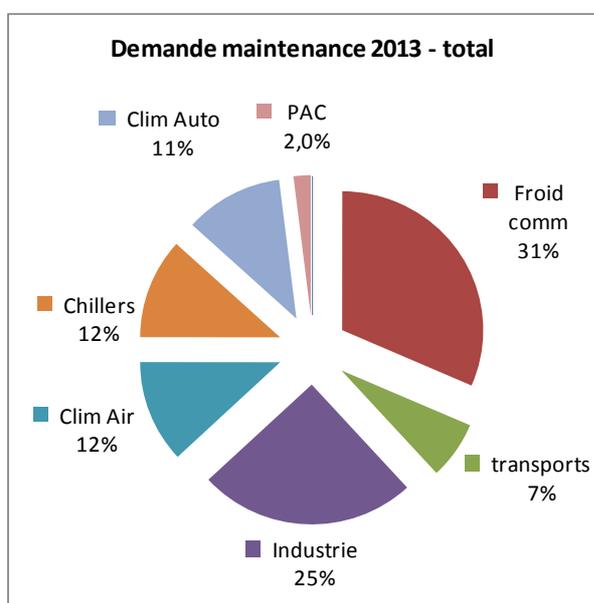


Figure III-22 – Répartition sectorielle de la demande en fluides frigorigènes pour la maintenance

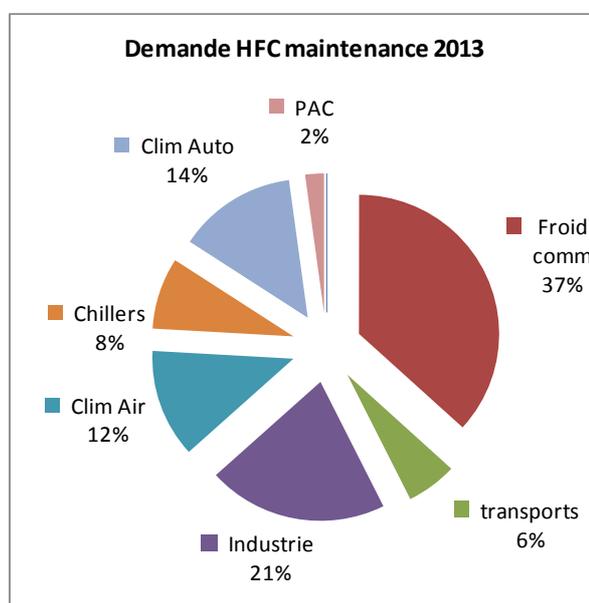


Figure III-23 – Répartition sectorielle de la demande en HFC pour la maintenance des installations

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 2013, la banque totale de fluides frigorigènes en France métropole est stable par rapport à 2012 (+0,7 %) et estimée à 58 000 tonnes. Elle est dominée par le R-134a (Figure III-25) et le secteur de la

climatisation automobile (Figure III-26). Du fait des retrofits et fins de vie d'installations, la banque de HCFC, fortement décroissante (-21 %), est réduite à 5 800 tonnes.

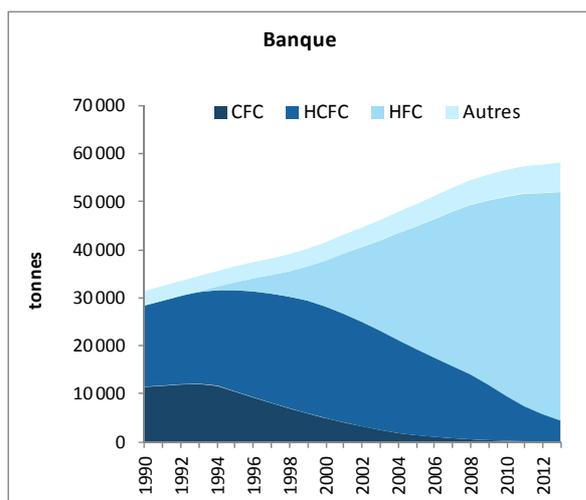


Figure III-24 Banque de fluides frigorigènes en France métropole

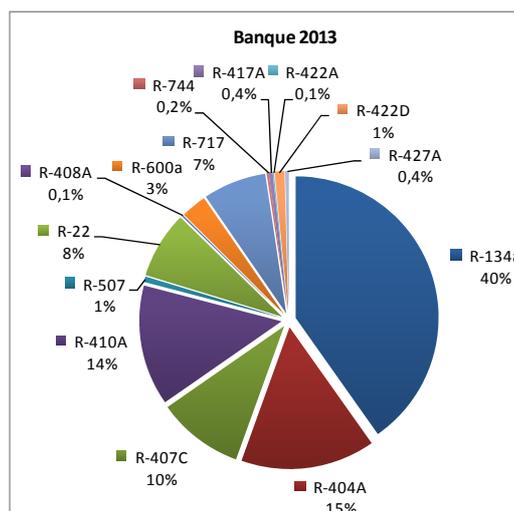


Figure III-25 Répartition des fluides formant la banque de France métropole

Tableau III-5 - Evolution de la **banque** de fluides frigorigènes de 1990 à 2013

tonnes	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	11 512	16 954	-	3 029	31 494
1991	11 731	17 743	-	3 086	32 560
1992	11 994	18 478	2	3 125	33 599
1993	12 090	19 153	172	3 162	34 577
1994	11 716	19 934	762	3 216	35 627
1995	10 508	21 138	1 671	3 284	36 601
1996	9 289	22 079	2 740	3 368	37 476
1997	8 103	22 805	3 880	3 452	38 239
1998	6 983	23 328	5 278	3 551	39 140
1999	5 937	23 543	7 118	3 653	40 251
2000	4 930	23 322	9 538	3 764	41 554
2001	4 040	22 688	12 540	3 901	43 169
2002	3 236	21 845	15 523	4 046	44 650
2003	2 464	20 798	18 673	4 205	46 140
2004	1 802	19 490	22 192	4 375	47 860
2005	1 370	18 055	25 436	4 554	49 416
2006	1 022	16 603	28 761	4 742	51 127
2007	739	15 138	32 076	4 921	52 873
2008	500	13 648	35 188	5 089	54 426
2009	310	11 681	38 326	5 267	55 584
2010	174	9 474	41 434	5 471	56 553
2011	78	7 388	44 230	5 650	57 345
2012	20	5 825	45 976	5 821	57 642
2013	0	4 528	47 545	6 002	58 075

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. La part du froid commercial ne représente que 12 % de la banque totale, grâce au renouvellement des installations centralisées vers des systèmes indirects ou cascade. Quant à la banque de HFC, elle reste nettement dominée par la climatisation automobile (33 %) mais également par la climatisation fixe si l'on regroupe la climatisation à air, les PAC et les deux tiers des chillers (l'autre tiers pouvant être rattaché à l'industrie).

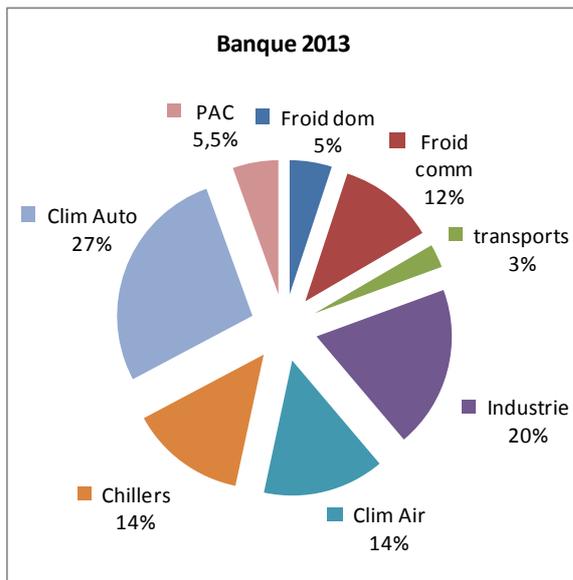


Figure III-26 - Répartition sectorielle de la banque de fluides frigorigènes

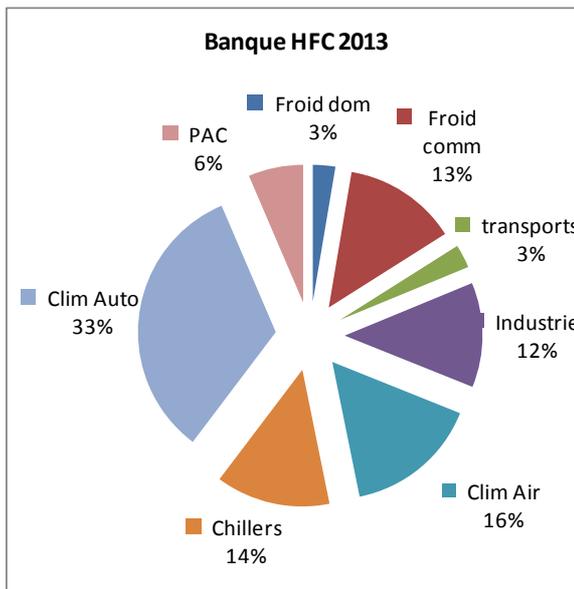


Figure III-27 - Répartition sectorielle de la banque de HFC

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 2012 et évaluées à 8 300 t de fluides frigorigènes pour 2013, à 82 % de HFC.

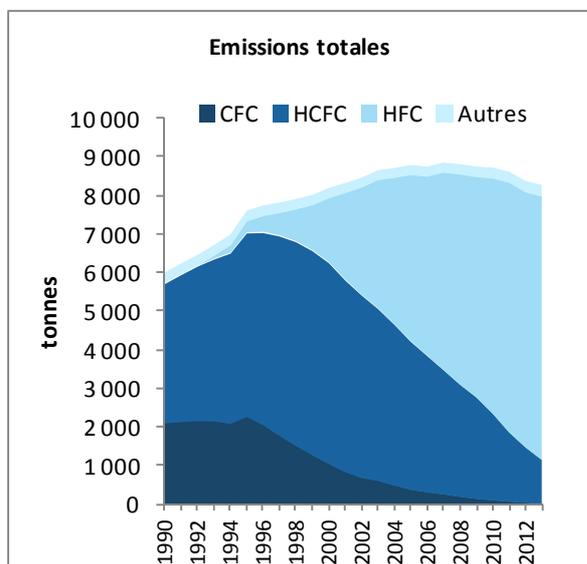


Figure III-28 Emissions de fluides frigorigènes en France métropole

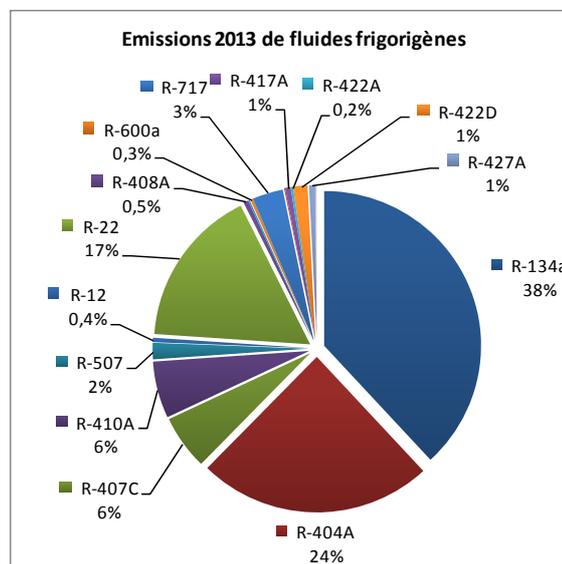


Figure III-29 Répartition des émissions par fluide frigorigène en France métropole

Cela traduit la tendance à la baisse des niveaux d'émissions des équipements neufs de certains secteurs, une amélioration des filières de fin de vie mais aussi un moins grand nombre de retrofits observés en 2013.

Les émissions de HCFC continuent de décroître telles que leur banque, d'environ 20 % par rapport à 2012, et ne constituent plus que 14 % des émissions totales en 2013. A l'image de la banque, les émissions totales sont dominées par celles des HFC et du R-134a en particulier, à 39 % en 2013 (Figure III-30 et Figure III-25).

Tableau III-6- Emissions des fluides frigorigènes 2013

tonnes	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	2 101	3 616	-	266	5 982
1991	2 131	3 819	-	271	6 221
1992	2 159	4 009	0	273	6 440
1993	2 150	4 200	73	275	6 698
1994	2 085	4 420	187	280	6 972
1995	2 267	4 761	286	280	7 595
1996	2 048	4 993	411	281	7 733
1997	1 779	5 173	575	278	7 805
1998	1 509	5 293	820	278	7 899
1999	1 263	5 306	1 163	273	8 005
2000	1 052	5 206	1 657	268	8 184
2001	837	4 973	2 238	266	8 314
2002	679	4 742	2 767	263	8 451
2003	604	4 465	3 316	263	8 648
2004	484	4 175	3 782	262	8 703
2005	370	3 847	4 299	264	8 780
2006	305	3 545	4 624	266	8 741
2007	251	3 228	5 102	268	8 848
2008	190	2 917	5 429	271	8 807
2009	135	2 642	5 689	277	8 742
2010	100	2 251	6 078	286	8 715
2011	63	1 805	6 450	290	8 608
2012	37	1 439	6 593	298	8 368
2013	12	1 143	6 803	307	8 265

Sur l'ensemble des secteurs, le taux d'émissions global équivalent, incluant tous les types d'émissions est en décroissance, estimé à **14,2 %** en 2013.

Répartition sectorielle des émissions de fluides frigorigènes

Les répartitions sectorielles des émissions sont présentées Figure III-30 et Figure III-31.

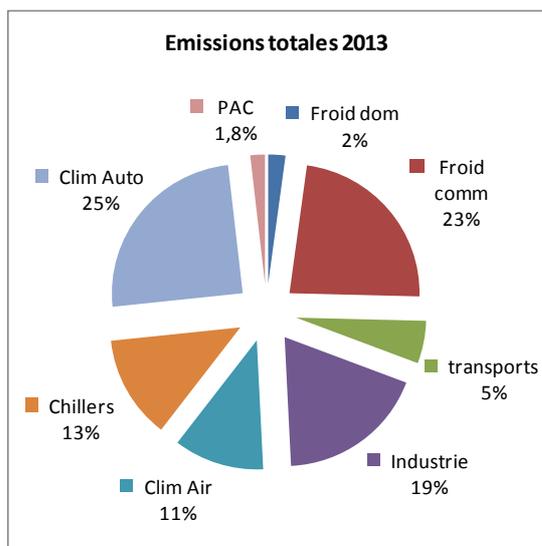


Figure III-30 - Répartition sectorielle des émissions de fluides frigorigènes

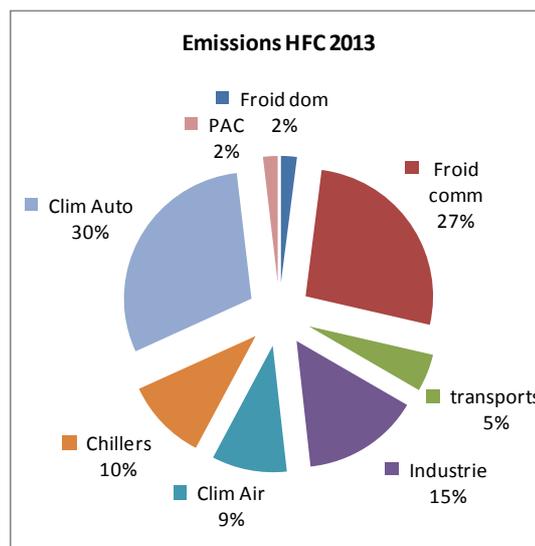


Figure III-31 - Répartition sectorielle des émissions de HFC

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, étant donné la stagnation des taux d'émissions des installations centralisées à des niveaux encore élevés. La part des secteurs de la climatisation fixe est moins importante, les équipements neufs de ces applications bénéficiant de taux d'émission fugitifs moindres.

III.3.6 - Emissions équivalentes CO₂ des fluides frigorigènes

Les émissions totales en équivalent CO₂ sont calculées, depuis ces inventaires, sur la base des PRP publiés dans 4^{ème} Rapport d'évaluation du GIEC (Annexe 1). Le changement de rapport de référence a un grand impact sur les résultats en équivalent CO₂. En effet, comme le montre l'annexe 1, l'écart entre les estimations du 2^{ème} et du 4^{ème} rapport peut aller jusqu'à 35 % pour certains fluides frigorigènes. Les émissions de R-134a se trouvent ainsi réévaluées à 10 % au-dessus de celles des inventaires 2012 et celles du R-404A à 20%, par exemple.

Répartition par fluide

La Figure III-32 donne l'évolution des émissions CO₂ équivalentes de 1990 à 2013 en utilisant les valeurs des PRP données par le 4^{ème} rapport d'évaluation du GIEC. La Figure III-33 donne la même évolution en tenant compte des valeurs de PRP données par le 2^{ème} rapport du GIEC, qui avaient été utilisées jusqu'à présent comme référence dans les rapports d'inventaires.

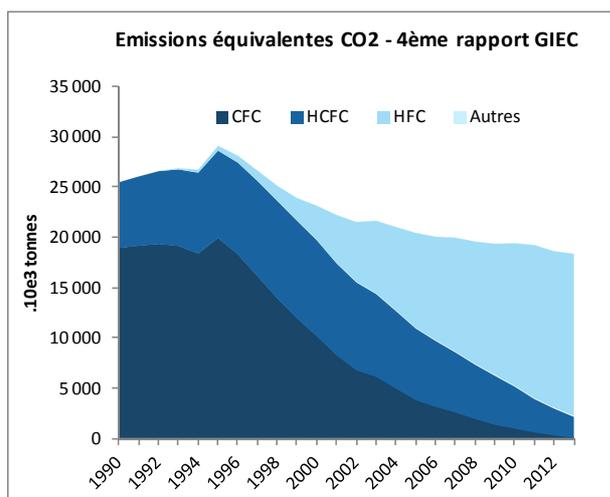


Figure III-32 Emissions CO₂ équivalentes de fluides frigorigènes en France métropole selon les PRP donnés par le 4^{ème} rapport du GIEC

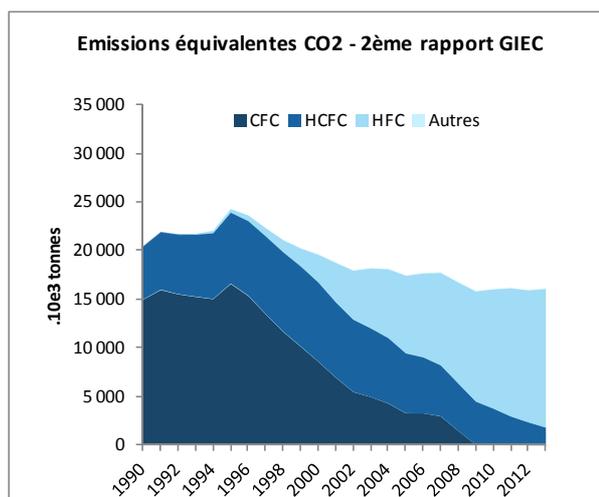


Figure III-33 Emissions CO₂ équivalentes de fluides frigorigènes en France métropole selon les PRP donnés par le 2^{ème} rapport du GIEC

Les émissions totales de fluides frigorigènes exprimées en équivalent CO₂ sont désormais évaluées à 18,3 millions de tonnes en 2013, supérieures de 14 % à l'estimation obtenue avec les valeurs des PRP données par le 2^{ème} rapport du GIEC. Comme le montre les figures suivantes, les parts des fluides dans les émissions totales sont fortement modifiées. Le R-404A est désormais responsable de 45 % des émissions eq. CO₂ de fluides frigorigènes pour 2013 suivi par le R-134a à 25 % (Figure III-34). Alors que la situation était inversée en prenant en compte les PRP donnés par le 2^{ème} rapport du GIEC (Figure III-35).

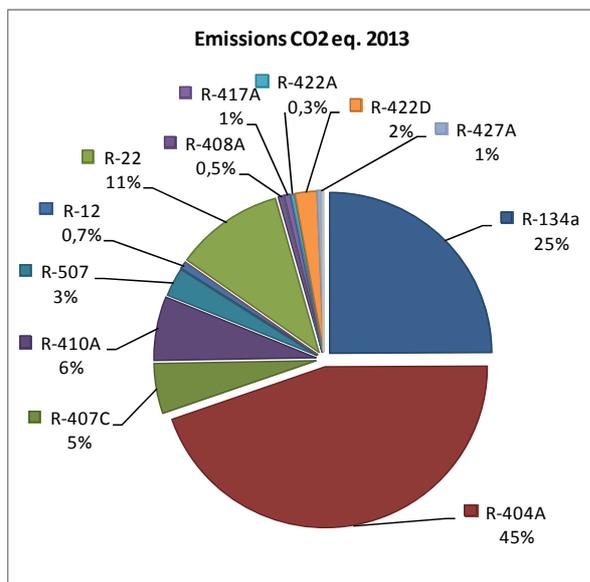


Figure III-34 Répartition des émissions CO2 équivalentes par fluide en France métropole selon les PRP donnés par le 4^{ème} rapport du GIEC

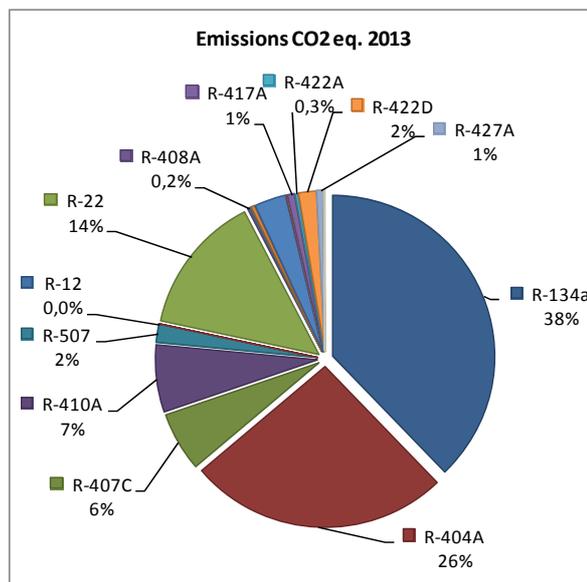


Figure III-35 Répartition des émissions CO2 équivalentes par fluide en France métropole selon les PRP donnés par le 2^{ème} rapport du GIEC

Tableau III-7 - Emissions équivalentes CO₂ de fluides frigorigènes 2013 (en millions de tonnes) selon le 4^{ème} rapport d'évaluation du GIEC

kt CO2 eq.	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	18 970,1	6 545,3	0,0	0,0	25 515,4
1991	19 183,2	6 912,1	0,0	0,0	26 095,3
1992	19 359,8	7 256,7	0,5	0,0	26 617,0
1993	19 163,3	7 607,2	105,0	0,0	26 875,6
1994	18 410,1	8 042,8	286,9	0,0	26 739,8
1995	19 945,4	8 688,7	463,0	0,0	29 097,2
1996	18 321,2	9 123,0	698,9	0,0	28 143,1
1997	16 164,4	9 465,8	1 017,9	0,0	26 648,1
1998	13 958,5	9 694,4	1 485,2	0,0	25 138,0
1999	11 949,3	9 728,0	2 235,4	0,0	23 912,8
2000	10 198,6	9 548,3	3 406,3	0,0	23 153,1
2001	8 312,6	9 130,2	4 785,6	0,0	22 228,5
2002	6 846,9	8 717,3	5 958,1	0,0	21 522,4
2003	6 212,2	8 217,0	7 220,1	0,0	21 649,3
2004	5 031,9	7 693,5	8 315,8	0,0	21 041,2
2005	3 903,4	7 095,6	9 450,4	0,0	20 449,3
2006	3 230,8	6 543,2	10 291,1	0,1	20 065,2
2007	2 669,9	5 958,4	11 349,0	0,1	19 977,4
2008	2 022,4	5 383,8	12 176,4	0,2	19 582,8
2009	1 447,6	4 871,9	13 053,2	0,2	19 372,9
2010	1 083,5	4 152,3	14 183,8	0,3	19 420,0
2011	683,4	3 330,1	15 220,6	0,4	19 234,4
2012	408,3	2 654,3	15 557,0	0,5	18 620,2
2013	135,0	2 103,0	16 135,8	0,6	18 374,5

Répartition sectorielle des émissions de fluides frigorigènes en équivalent CO₂

D'un point de vue sectoriel, le froid commercial fortement utilisateur de R-404A domine donc largement les émissions eq. CO₂, et plus significativement les émissions de HFC. La climatisation automobile et le froid industriel ont un impact de même ordre sur les émissions CO₂, l'usage du R-404A étant compensé, en termes d'équivalent CO₂, par celui de l'ammoniac en agroalimentaire.

Les émissions du froid domestique ne représentent plus que 2 % des émissions totales équivalentes CO₂ de la France métropole grâce la fin du parc de réfrigérateurs et congélateurs au R-12, à l'amélioration de la filière de fin de vie et au renouvellement vers des équipements au R-600a.

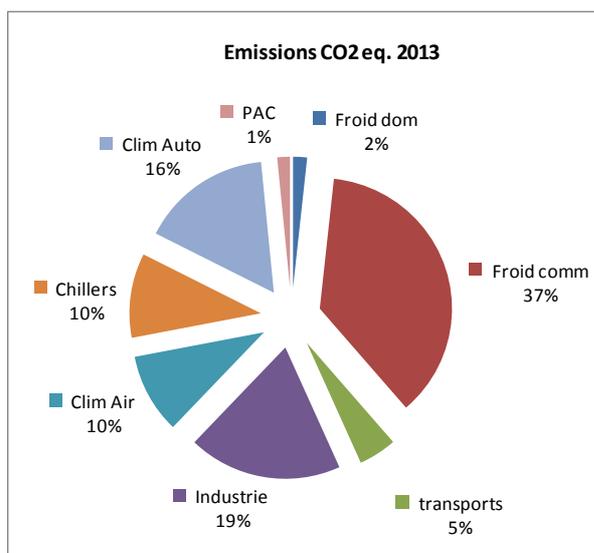


Figure III-36 Répartition sectorielle des émissions CO₂ équivalentes de fluides frigorigènes en France métropole

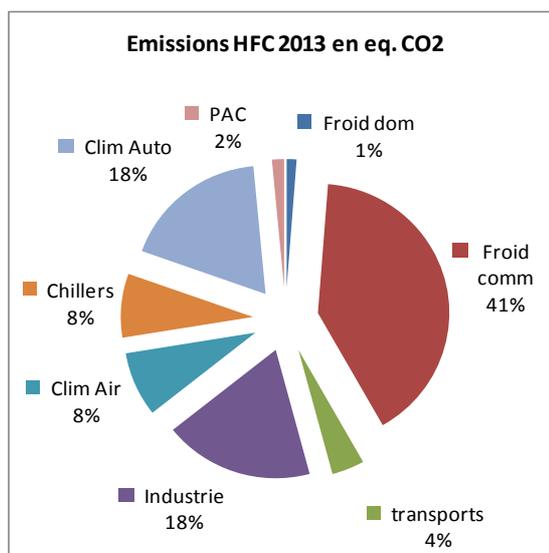


Figure III-37 Répartition sectorielle des émissions CO₂ équivalentes de HFC en France métropole

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. 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

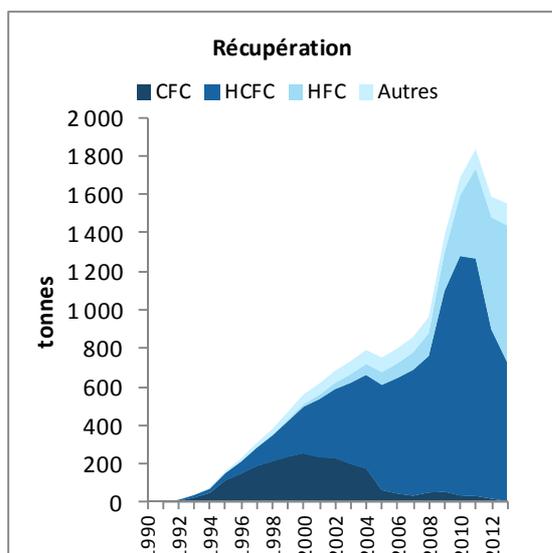


Figure III-38 Quantités de fluides frigorigènes récupérées en fin de vie des équipements en France métropole

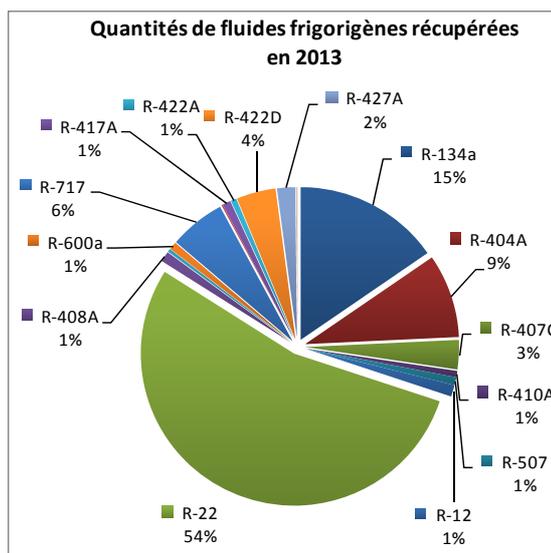


Figure III-39 Répartition par fluide des quantités de fluides frigorigènes récupérées en France métropole

Tableau III-8 - Récupération des fluides frigorigènes 2013

tonnes	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	-	-	-	-	-
1991	0	0	-	-	0
1992	8	6	-	1	15
1993	25	14	-	3	41
1994	49	22	1	4	76
1995	113	39	1	8	162
1996	148	64	3	14	228
1997	187	96	4	22	310
1998	212	135	6	29	382
1999	235	186	9	42	472
2000	252	244	14	52	563
2001	233	303	23	60	618
2002	228	359	33	64	685
2003	198	422	46	69	735
2004	175	487	58	73	793
2005	63	546	68	76	754
2006	46	600	77	79	802
2007	35	652	92	81	861
2008	52	707	122	84	965
2009	56	1 040	202	90	1 388
2010	36	1 241	318	95	1 690
2011	33	1 231	469	104	1 837
2012	20	878	586	108	1 591
2013	8	721	712	115	1 556

Les quantités récupérées calculées (Tableau III-8) sont estimées à environ 1 550 t en 2013, contre 1 050 t déclarées retournées aux distributeurs au SNEFCCA. Selon l'OFF [OFF14], 900 t de fluides frigorigènes récupérées ont été déclarées remises aux distributeurs par les opérateurs mais 2 235 tonnes ont été déclarées récupérées par les opérateurs. Une partie des fluides récupérés est donc réutilisée pour la maintenance des installations, sans être retournée aux distributeurs.

Répartition sectorielle de la récupération des fluides frigorigènes

En 2013, selon les résultats de calcul RIEP, la récupération des fluides frigorigènes concerne encore majoritairement (46 %) les HCFC et est pratiquée principalement dans les installations à fortes charges des secteurs du froid industriel, des chillers et du froid commercial.

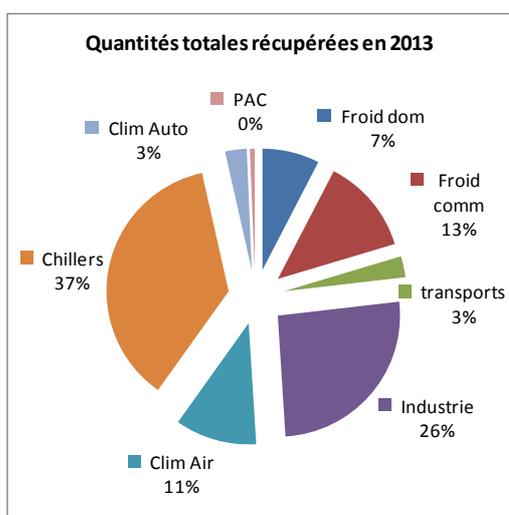


Figure III-40- Répartition sectorielle des quantités de fluides frigorigènes récupérées.

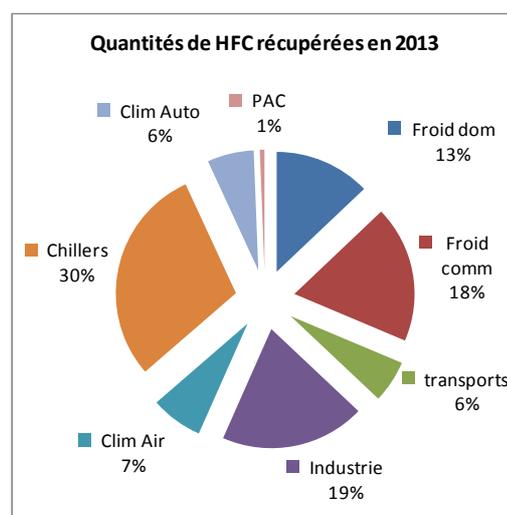


Figure III-41- Répartition sectorielle des quantités de HFC récupérées.

Selon les déclarations à l'OFF, environ 330 t de HCFC ont été déclarées récupérées par les opérateurs et 250 t sont retournées aux distributeurs. Les quantités de HFC récupérées seraient de l'ordre de 1 600 t, soit beaucoup plus élevées que ce qui est calculé par RIEP. La compréhension de cet écart est à approfondir.

III.4 – Résultats globaux inventaires 2013 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 2010-2013 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 populations.

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

La demande totale en fluides frigorigènes pour les DOM est estimée à 230 tonnes en 2013, correspondant à 2 % du niveau de la métropole.

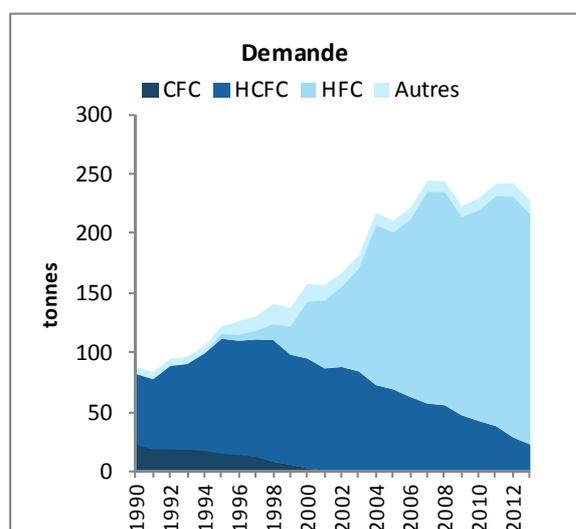


Figure III-42 Demande totale de fluides frigorigènes dans les DOM

Tableau III-9 Demande totale de fluides frigorigènes dans les DOM

tonnes	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	23	59	-	6	88
1991	19	59	-	6	84
1992	19	70	-	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	-	56	179	9	244
2009	-	48	166	9	223
2010	-	43	176	10	230
2011	-	39	193	10	242
2012	-	29	202	11	242
2013	-	23	193	12	228

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

tonnes	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	7	19	-	1	27
1991	7	20	-	2	29
1992	8	23	-	1	32
1993	8	24	-	1	33
1994	8	26	0	1	35
1995	9	30	0	2	42
1996	9	29	0	7	45
1997	10	29	0	6	46
1998	10	34	2	12	58
1999	10	32	3	10	55
2000	11	37	4	10	62
2001	10	42	5	7	64
2002	10	43	7	6	66
2003	9	44	13	5	72
2004	6	56	19	4	85
2005	4	52	25	4	84
2006	4	61	22	4	91
2007	1	64	33	3	100
2008	0	64	31	3	98
2009	0	63	21	3	87
2010	0	60	22	3	86
2011	0	60	25	3	89
2012	0	62	25	3	90
2013	-	54	26	3	83

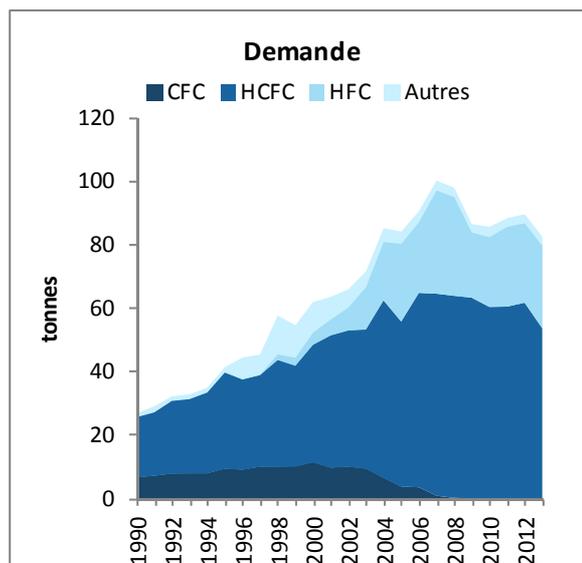


Figure III-43 Demande totale de fluides frigorigènes dans les COM

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 (65 %) 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 près de 1 500 t réparties majoritairement dans les secteurs de la climatisation à air (32 %), de la climatisation automobile (26 %) et du froid commercial (19 %). Les fluides les plus utilisés sont le R-134a (34 %), le R-410A (20 %) et le R-404A (16 %).

Tableau III-11 Banque de fluides frigorigènes dans les DOM

tonnes	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	176	235	-	44	456
1991	179	248	-	46	472
1992	185	266	-	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	1 062	115	1 413
2011	23	178	1 138	121	1 460
2012	18	140	1 194	128	1 480
2013	14	106	1 234	135	1 490
2013	10	266	273	21	570

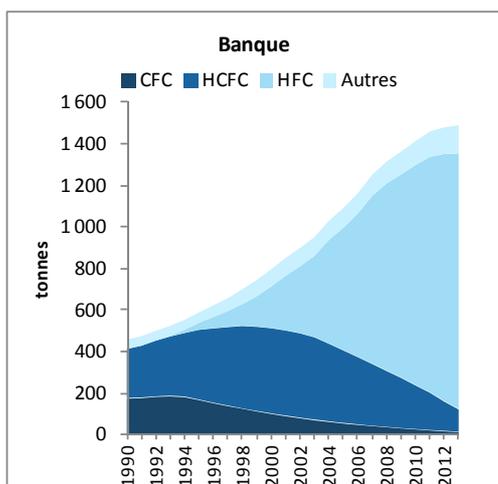


Figure III-44 Banque de fluides frigorigènes dans les DOM

Tableau III-12 Banque de fluides frigorigènes dans les COM

tonnes	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	46	75	-	9	130
1991	47	80	-	10	137
1992	51	86	-	10	147
1993	54	91	-	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	237	170	22	456
2008	22	249	194	21	485
2009	19	257	214	20	509
2010	15	264	234	20	533
2011	14	267	250	20	551
2012	12	268	263	21	563
2013	10	266	273	21	570

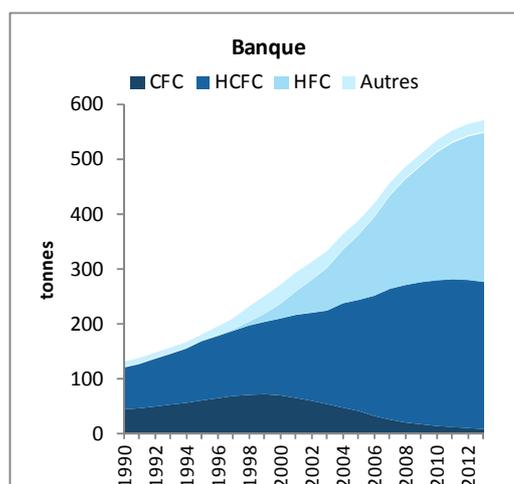


Figure III-45 Banque de fluides frigorigènes dans les COM

Dans les territoires des COM, la banque des fluides frigorigènes est faible, de seulement 570 t réparties majoritairement en climatisation automobile (28 %) et climatisation à air (30 %). Elle est majoritairement constituée de R-22 (46 %) et de R-134a (38 %).

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 (24 %) et R-22 (17 %). Les secteurs les plus émissifs sont le froid commercial (30 %), la climatisation à air (31 %) et la climatisation automobile (20 %).

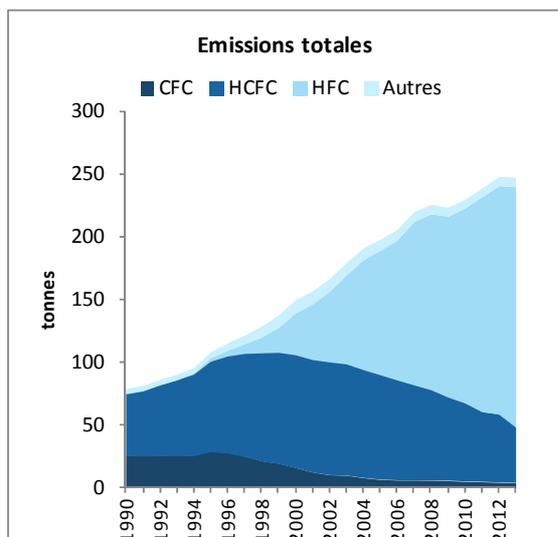


Figure III-46 Emissions totales (t) de fluides frigorigènes dans les DOM.

Tableau III-13 Emissions totales (t) de fluides frigorigènes dans les DOM

tonnes	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	25	50	-	4	79
1991	25	52	-	4	81
1992	25	57	-	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
2013	4	44	192	7	247

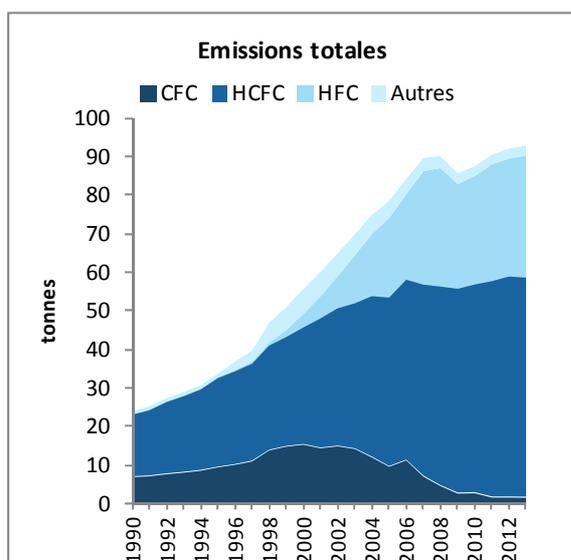


Figure III-47 Emissions totales (t) de fluides frigorigènes dans les COM

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

tonnes	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	7	16	-	1	24
1991	7	17	-	1	25
1992	8	19	-	1	27
1993	8	20	-	1	29
1994	9	21	0	1	31
1995	10	23	0	1	34
1996	10	24	0	2	37
1997	11	25	0	3	40
1998	14	27	1	5	47
1999	15	29	2	6	51
2000	15	30	3	6	56
2001	14	34	6	6	60
2002	15	36	8	6	65
2003	14	38	12	5	70
2004	12	42	16	5	75
2005	10	44	21	4	79
2006	11	47	22	4	84
2007	7	50	29	3	90
2008	5	52	31	3	90
2009	3	53	27	3	86
2010	3	54	28	3	88
2011	2	56	30	2	91
2012	2	57	31	3	92
2013	2	57	32	3	93

Les émissions de fluides frigorigènes dans les COM sont évaluées à 1 % du niveau de la métropole, à environ 95 t, constituées majoritairement de R-22 (61 %) et de R-134a (26 %). Les secteurs les plus émissifs sont la climatisation à air (27 %), la climatisation automobile (22 %) et le froid commercial (27 %).

III.4.4 - Emissions CO₂ équivalentes de fluides frigorigènes dans les DOM COM

En équivalent CO₂, les émissions totales des DOM sont estimées à près de 600 000 tonnes, en tenant compte des PRP du 4^{ème} rapport du GIEC, soit 3,2 % du niveau de la métropole. Pénalisé par son PRP, le R-404A domine les émissions CO₂ à 39 % et le froid commercial la répartition sectorielle à 42 %.

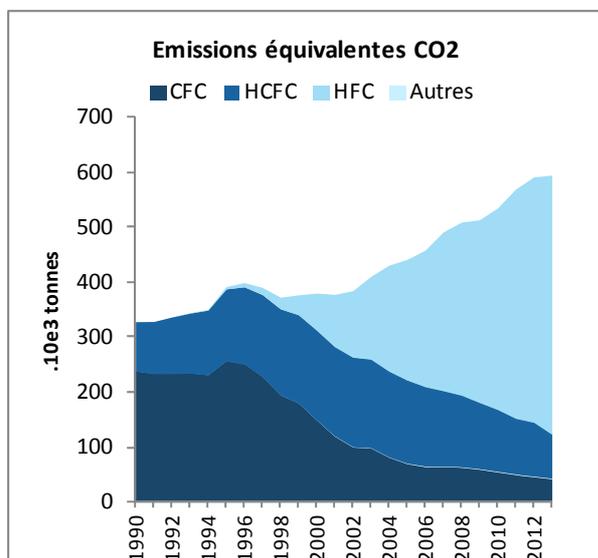


Figure III-48 Emissions totales équivalentes CO₂ de fluides frigorigènes (milliers de tonnes) dans les DOM

Tableau III-15 Emissions totales équivalentes CO₂ de fluides frigorigènes (milliers de tonnes) dans les DOM

kt	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	237	90	-	-	328
1991	233	95	-	-	328
1992	233	103	-	-	336
1993	234	110	0	-	344
1994	230	119	2	-	350
1995	256	132	4	-	392
1996	250	141	8	-	399
1997	227	150	13	-	391
1998	194	158	21	-	373
1999	179	162	36	-	377
2000	148	164	67	0	380
2001	119	164	95	0	378
2002	99	164	121	0	384
2003	98	162	151	0	411
2004	81	157	193	0	431
2005	70	152	219	0	441
2006	64	146	248	0	458
2007	64	138	288	0	491
2008	63	132	314	0	509
2009	59	122	332	0	513
2010	54	114	367	0	535
2011	50	102	417	0	569
2012	46	99	446	0	591
2013	42	81	471	0	594

Tableau III-16 Emissions totales équivalentes CO₂ de fluides frigorigènes (milliers de tonnes) dans les COM

kt	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	54	24	-	-	78
1991	55	26	-	-	81
1992	59	28	-	-	87
1993	62	30	-	-	92
1994	66	32	0	-	97
1995	72	35	0	-	107
1996	77	37	0	-	114
1997	84	38	1	-	123
1998	106	41	1	-	149
1999	115	43	3	-	160
2000	119	46	5	-	170
2001	112	51	8	-	171
2002	116	54	12	-	182
2003	111	57	18	-	186
2004	94	63	24	-	181
2005	75	66	30	-	171
2006	90	70	32	-	192
2007	56	75	42	-	173
2008	38	78	44	-	160
2009	23	80	40	-	142
2010	24	81	41	-	146
2011	14	84	45	-	144
2012	15	86	46	-	147
2013	14	86	48	-	148

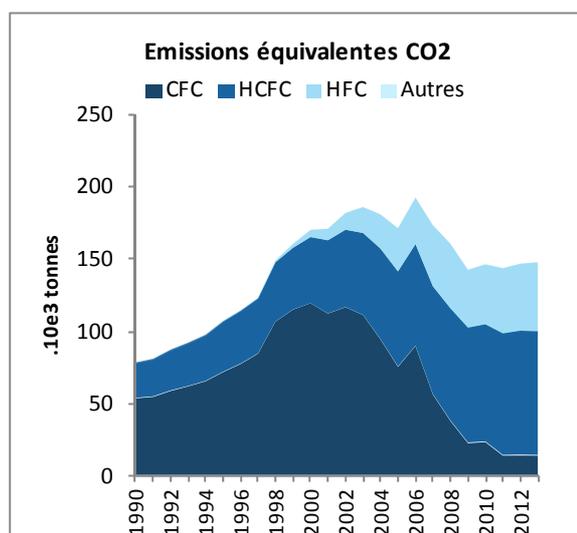


Figure III-49 Emissions totales équivalentes CO₂ de fluides frigorigènes (milliers de tonnes) dans les COM

Dans les COM, les émissions de fluides frigorigènes sont estimées à 148 000 tonnes de CO2 équivalent, soit moins de 1 % des émissions de la métropole. Elles sont dominées à 58 % par le R-22 et, d'un point de vue sectoriel à parts égales, à 27 % par la climatisation à air et 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 8 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 IV-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 **2%** de la charge, ces équipements étant chargés d'usine;
- 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.

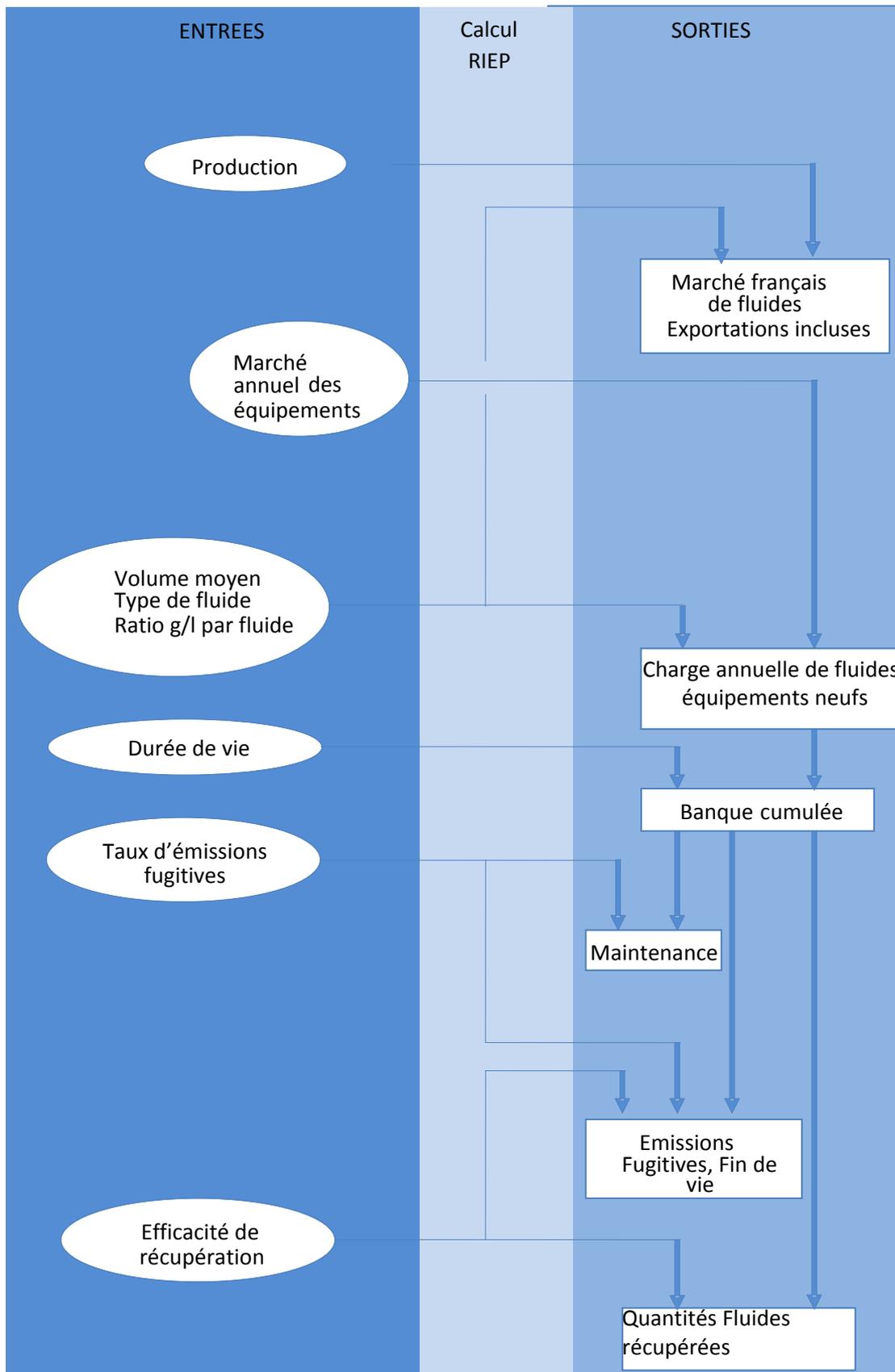


Figure IV-1 - Organigramme de la méthode de calcul utilisée pour le froid domestique

IV.2 - Le froid domestique en France en 2013

IV.2.1 - Contexte

La nouvelle réglementation européenne, NO 517/2014 abrogeant le règlement 842/2006, interdit la mise sur le marché des réfrigérateurs et congélateurs domestiques contenant un fluide frigorigène de PRP supérieur à 150 à compter 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) [GIF14] 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 % en 2013 par rapport à 2012. Il est dominé par les combinés à 39 % et les 2 portes à 24 %. La part des réfrigérateurs américains stagne à un peu plus de 6 %. Le marché des congélateurs est également en baisse, de 2,4 % en 2013. Il est dominé par les congélateurs de type armoire à 66 %.

Tableau IV-1 – Ventes des constructeurs aux réseaux de distribution [GIF14]

Marchés équipements neufs	2011	2012	2013	2013/2012
Réfrigérateurs	2 572 000	2 535 000	2 509 000	- 1%
Congélateurs	724 000	690 000	673 000	- 2,4 %

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.

IV.2.4 - Les fluides utilisés

Depuis l'arrêt d'utilisation du R-12, deux fluides sont utilisés sur le marché neuf de ce secteur : le HFC-134a et le HC-600a. Cette année, l'enquête de terrain permettant d'estimer les parts des fluides dans les équipements mis sur le marché a montré que le R-600a occupe la quasi-totalité du marché avec:

- 99 % des réfrigérateurs testés fonctionnaient avec du R-600a et 1 % 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. 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.

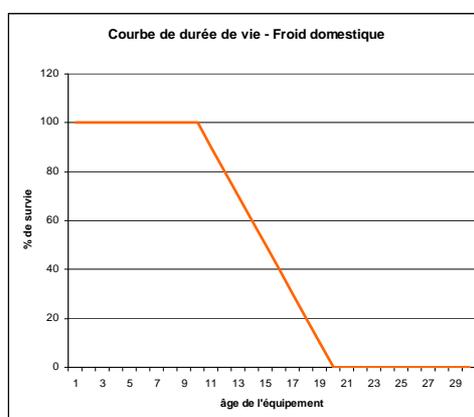


Figure IV-2 – Courbe de durée de vie des équipements de froid domestique

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.

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

Depuis la mise en place de la filière DEEE depuis 2007 imposée par la réglementation [DEC05], des éco-organismes assurent la collecte, le recyclage et le suivi des quantités récupérées. Les résultats de la filière sont publiés par l'ADEME [FAN14]. Les quantités cumulées de CFC, HCFC, HFC et HC extraits en première phase de dépollution des appareils de froid domestique sont récapitulées 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	2013
Valeurs DEEE	137	235	151	103	124	122	137

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. En se basant sur une durée de vie moyenne de 15 ans, on peut donc estimer l'efficacité de récupération de la filière à 40% pour 2013. Les valeurs calculées sont présentées au Tableau IV-4.

Tableau IV-4 - Efficacité de récupération

Année	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
Efficacité de récupération	2,2 %	2,5 %	5 %	15 %	26 %	26 %	36 %	35 %	40 %

IV.3 - Résultats Froid domestique Inventaires métropole 2013

IV.3.1. La banque

Le parc des appareils de froid domestique fonctionnant avec du R-600a est en forte croissance. Le ratio de charge de ces appareils étant plus faible que ceux fonctionnant au R-12 ou R-134a, la banque totale de fluides frigorigènes est en décroissance (Figure IV-3), d'environ 5 % par an ; elle est estimée à un peu moins de 3 000 t en 2013. Elle est dominée par le R-600a à 57 % (Tableau IV-5). Les hypothèses de durée de vie conduisent à l'éradication de la banque de R-12 en 2013.

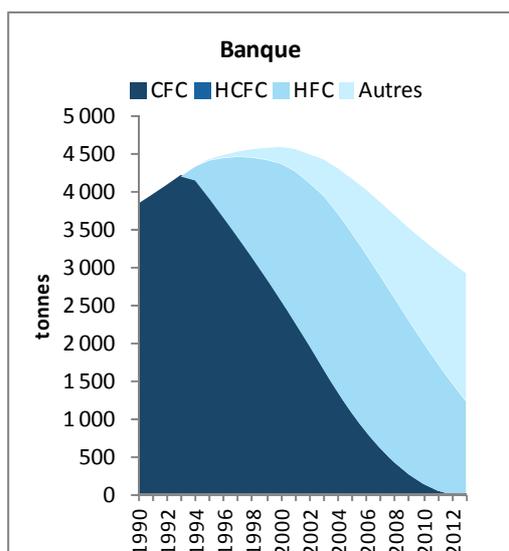


Figure IV-3 – Evolution de la banque de fluides frigorigènes en froid domestique

Tableau IV-5 – Banque 2013 (tonnes) en Froid Domestique

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	0	0
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	1 247	1 247
	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	1 677
	R-600a	1 677	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			2 925

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.

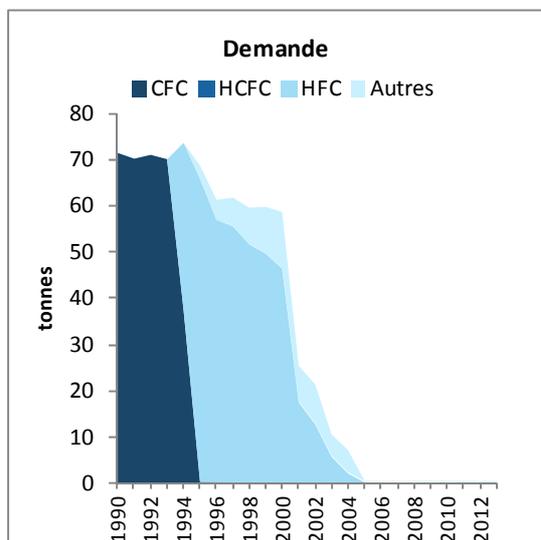


Figure IV-4 - Evolution de la demande totale de fluides frigorigènes en froid domestique

Tableau IV-6 - Demande totale 2013 (tonnes) – Froid domestique

CFC	R-12	0,0	0,0
	R-22	0,0	
HCFC	R-408A	0,0	0,0
	R-401A	0,0	
HFC	R-134a	0,1	0,14
	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	
Autres	R-1234yf	0,0	0,18
	R-290	0,0	
	R-600a	0,2	
	R-717	0,0	
TOTAL	R-744	0,0	0,32

IV.3.3. Les émissions totales

Les émissions totales sont à 99,8% les émissions de fin de vie des équipements, les systèmes étant hermétiques. Elles sont faibles, de l'ordre de 180 tonnes en 2013, étant donnée l'efficacité croissante de la filière DEEE.

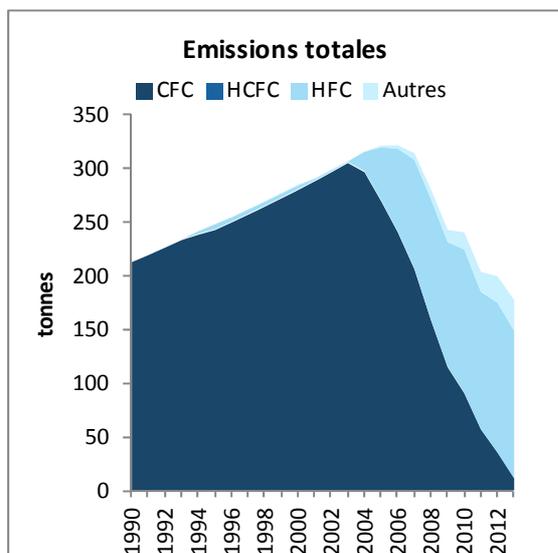


Figure IV-5 - Evolution des émissions totales de fluides frigorigènes du froid domestique

Tableau IV-7 - Emissions totales 2013 (tonnes) – Froid domestique

CFC	R-12	11	11
HCFC	R-22	0	0
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	137	137
	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	
Autres	R-1234yf	0	29
	R-290	0	
	R-600a	29	
	R-717	0	
TOTAL	R-744	0	177

IV.3.4. Les émissions en équivalent CO₂

Alors qu'elles culminaient à plus de 3,3 millions de tonnes de CO₂ en 2003, les émissions du froid domestique ne représentent plus, en 2013, que 300 000 tonnes de CO₂ et sont amenées à décroître encore avec la généralisation de l'utilisation du R-600a (Figure IV-6).

Tableau IV-8 - Emissions totales en milliers de tonnes équivalentes CO₂ 2013 – Froid domestique

CFC	R-12	121	121
HCFC	R-22	0	0
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	196	196
	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
	R-600a	1	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			317

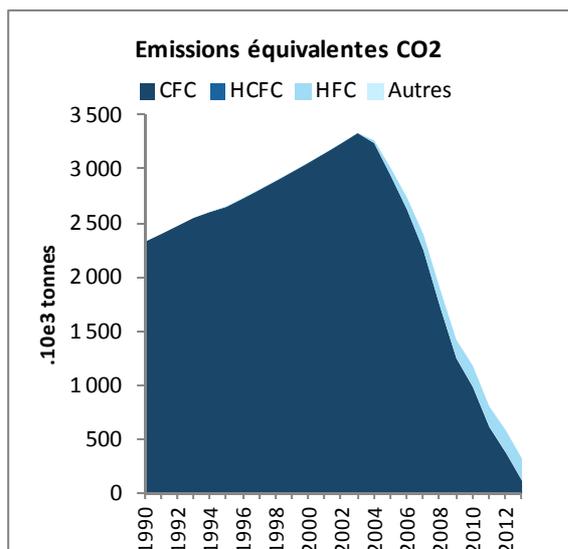


Figure IV-6 - Evolution des émissions totales en équivalentes CO₂ en froid domestique

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 118 t et désormais dominées par le R-134a à 78 %.

Tableau IV-9 - Quantités récupérées 2013 (tonnes) – Froid domestique

CFC	R-12	7	7
HCFC	R-22	0	0
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	91	91
	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	19
	R-600a	19	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			118

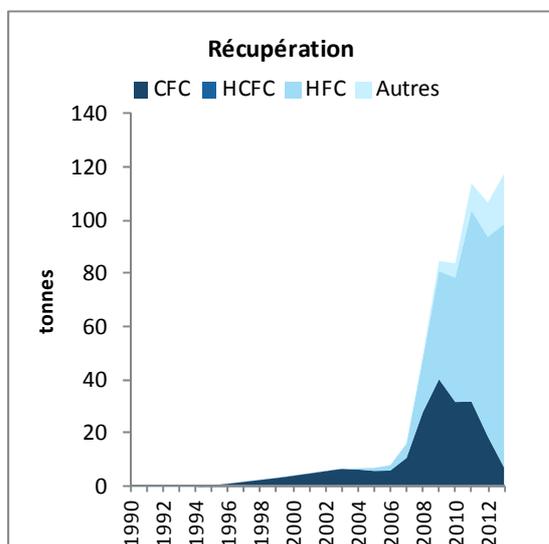


Figure IV-7 - Evolution des quantités récupérées en froid domestique

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.

V. LE FROID COMMERCIAL

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 groupe de magasins, s'apparentant aux entrepôts, est pris en compte depuis les inventaires 2012, son parc devenant significatif. Il s'agit des magasins "Drive" [LSA13].

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 »

Groupe 1 Type supérette	Groupe 2 Type petit commerce spécialisé	Groupe 3 Type distributeur automatique	Groupe 4 Drive
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/m²) 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.

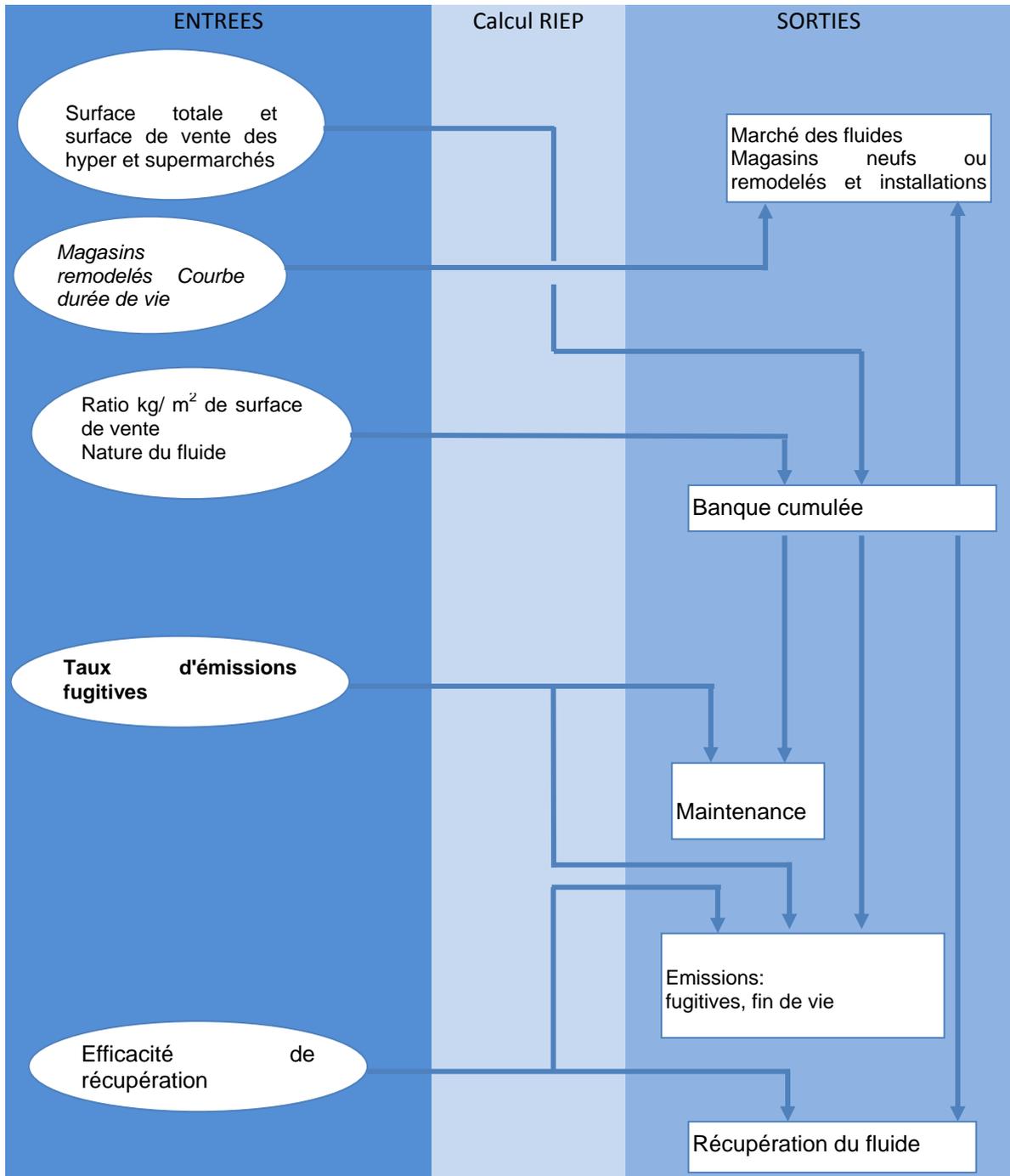


Figure V-1 - Organigramme de la méthode utilisée pour le secteur du froid commercial

V.2. Le froid commercial en France en 2013

IV.2.1. Evolution du parc

Petits commerces

Plusieurs sources de données sont utilisées sur l'historique afin de retracer l'évolution du parc et estimer chaque année les nouvelles installations liées aux créations ou agrandissements de magasins: l'INSEE et sa Base Permanente des Equipements, la CGAD (Confédération Générale de l'Alimentation en Détail) et ses rapports de branche, LSA et l'Atlas de la distribution, l'OPC (Observatoire Prospectif du Commerce), notamment.

En 2013, les marchés ont été estimés en se basant sur les sources:

- LSA pour le nombre de supérettes et magasins de surgelés [LSA14]
- Themavision pour le parc de maxidiscomptes [THE14],
- Les données globales de la CGAD pour les petits commerces; l'estimation de ce marché est marqué d'une plus grande incertitude;
- l'ordre de grandeur du parc de distributeurs automatiques réfrigérés publié en 2012 sur le site de la NAVSA (chambre syndicale Nationale de Vente et Services Automatiques) [NAV12]

L'évolution du parc, associée à une hypothèse de renouvellement des équipements tous les 15 ans permet d'estimer les marchés d'équipements en 2013 (Tableau V-2).

Tableau V-2 – Marchés d'équipements pour les petits commerces en 2013

2013	Groupe 1 Type supérette	Groupe 2 Type petit commerce spécialisé	Groupe 3 Type distributeur automatique	Groupe 4 "Drive"
Nombre de nouveaux équipements (renouvellement inclus)	1 625	31 000	14 800	2 720

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. La mise à jour 2013 tient compte des données publiées par Themavision [THE14] et est présentée au Tableau V-3.

Tableau V-3 – Nouvelles surfaces de ventes en froid commercial centralisé en France en 2013

2013	Hypermarchés	Supermarchés
Parc de magasins	2 013	5 710
Surface moyenne par magasin (m ²)	5 380	1 298
Nouvelles surfaces de vente (m ²)	202 740*	0
Nouvelles surfaces de vente incluant le renouvellement (m ²)	589 000	368 000

* valeurs calculées à partir des surfaces moyennes sur le parc

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

Plusieurs chaînes de magasins ont collaboré cette année à l'enquête de froid commercial. Elles ont demandé à ce que les données communiquées restent confidentielles. Seuls les tendances et résultats globaux sur l'ensemble des magasins seront donc communiqués.

En hypermarchés

La tendance observée en 2012 se poursuit: les nouvelles installations en hypermarchés se font essentiellement par des systèmes cascade HFC/CO₂ où le HFC est confiné et en charge limitée. Les HFC utilisés sont le R-404A et le R-134a. Dans certains cas, le HFC est utilisé avec boucle secondaire. Quelques cas de magasins utilisent le CO₂ en transcritique et deux hypermarchés testent des centrales à l'ammoniac.

Les opérateurs interrogés n'utilisent plus, en 2013, le R-404A en détente directe et les systèmes les plus courants deviennent les cascades CO₂/R-134a. Les hypothèses prises pour le calcul sont récapitulées au Tableau V-4. On observe une forte évolution avec le marché 2010 où le R-404A était encore quasiment le seul fluide utilisé.

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 PRP 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 PRP 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-5.

Tableau V-4 – Fluides sur le marché neuf en hypermarchés

Nouvelles installations hypermarchés	R-404A/ R-507	R-134a	R-410A	R-407F	CO ₂	R-717
2010	83 %	8 %	3 %	0 %	5 %	1 %
2013	20 %	42 %	0 %	1 %	35%	2 %

Tableau V-5 – 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
2013	20 %	6 %	5 %	5 %	4 %	0 %

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, notamment le R-407A et R-407F;
- pour les petites surfaces, depuis 2009, les systèmes directs au R-134a sont de plus en plus utilisés;
- les systèmes cascade CO₂ sont moins utilisés.

La prise en compte de ces éléments est présentée dans les hypothèses utilisées pour les calculs présentés Tableau V-6 et Tableau V-7.

Tableau V-6 – Fluides sur le marché neuf en supermarchés

Nouvelles installations supermarchés	R-404A	R-134a	CO ₂	Autres
2010	87 %	12 %	0 %	1 %
2013	30 %	44 %	25 %	1 %

Tableau V-7 – 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
2013	20 %	6 %	4 %	8 %	2 %

En commerces de proximité

Dans les équipements des petits commerces, le CO₂ et les hydrocarbures (R-290, R-600a) récemment introduits sur le marché [CLO12] continuent leur progression.

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 CO₂ 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 CO₂.

En France métropole, en 2013, il est considéré les hypothèses présentées au Tableau V-7.

Tableau V-8 Fluides utilisés dans les équipements des petits commerces en 2013

Nouveaux équipements 2013	R-404A	R-134a	R-290	R-600a	CO ₂
Groupes hermétiques	40%	45 %	8 %	7 %	-
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-2 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.

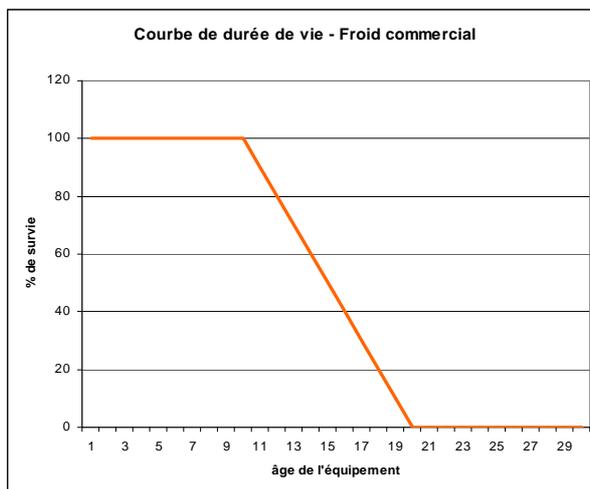


Figure V-2 – Courbe de durée de vie des équipements de froid commercial

V.2.5. Ratios de charge

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. Depuis le début de l'introduction des systèmes indirects et en cascade, la tendance de ce ratio est décroissante. En 2013 les systèmes en cascade et indirects représentent 90 % des installations neuves. La tendance appliquée aboutit aux ratios donnés au Tableau V-9.

Tableau V-9 – Correction des ratios de charge surfaciques en super et hypermarchés

	Supermarchés	Hypermarchés
2000	0,29	0,27
2008	0,23	0,19
2013	0,185	0,13

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 2013 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 sur 2011-2013. Pour les magasins "Drive", la charge moyenne a été établie en fonction des données fournies par JCI [PHI13 lors des inventaires 2012 [BAR12] et évaluée à 200 kg.

Tableau V-10 – Charges moyennes des systèmes frigorifiques des commerces de proximité en 2013

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	20	3,5	0	200

V.2.6. Taux d'émissions

Supermarchés et hypermarchés

Dans le cadre de l'étude d'inventaires 2013, deux chaînes d'hypermarchés et supermarchés ont communiqué les charges installées de fluide frigorigène sur leur parc de magasins ainsi que les quantités de fluides consommées pour la maintenance des installations en 2013, excepté celles de CO2 qui ne sont pas suivies. Le panel obtenu est ainsi constitué de 495 supermarchés et 325 hypermarchés.

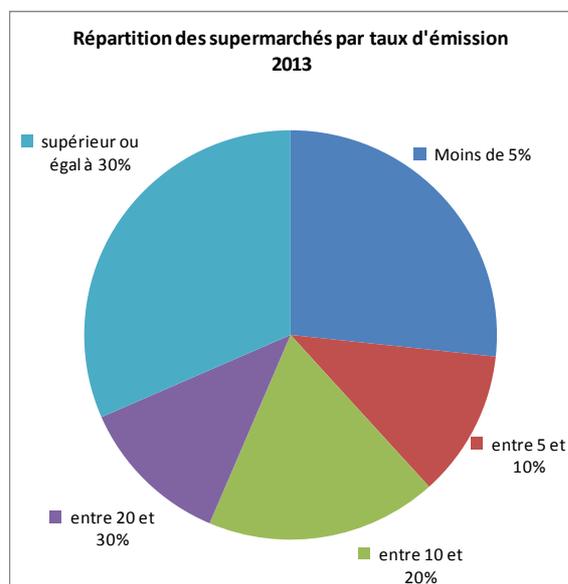


Figure V-3 - Taux d'émissions des supermarchés du panel

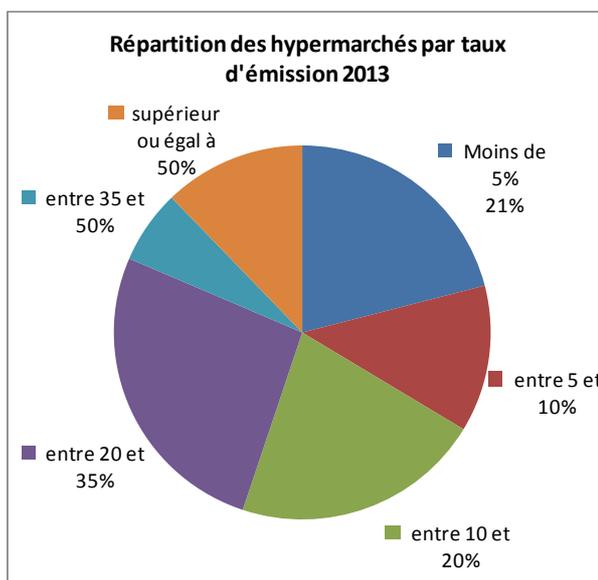


Figure V-4 - Taux d'émissions des hypermarchés du panel

L'étude de ces données montre que, sur le panel:

- Les taux d'émissions moyens (quantités totales consommées/ quantités totales installées) sont de **25 % en supermarchés** et **28 % en hypermarchés pour 2013**, soit en-deçà des taux moyens pris par hypothèse jusqu'en 2012
- Selon les magasins, les taux d'émissions varient entre 0 et 330 % en supermarchés, 0 et 160 % en hypermarchés en 2013
- Plus d'un quart des supermarchés du panel a un taux d'émissions inférieur à 5% mais près d'un tiers a un taux d'émissions supérieur à 30 %
- Un tiers des hypermarchés a un taux d'émissions inférieur à 10 % mais près de 20 % du panel a un taux supérieur à 50 %.

Si le panel est cette année élargi, il n'a pu être obtenu du ministère des données sur les magasins contrôlés qui présentent l'avantage d'être un échantillon plus diversifié au niveau des modes d'entretien et réparti sur les chaînes de magasins de façon aléatoire. Les résultats de l'enquête sont positifs dans le sens où ils montrent qu'une grande part du parc a des taux très bas, notamment parmi les supermarchés. Cependant, ils montrent également que les accidents pénalisent encore la moyenne et que, ponctuellement, des installations peuvent perdre 3 fois leur charge durant l'année. Des informations complémentaires sur l'âge des installations notamment sont en attente afin de pouvoir conclure sur une éventuelle réduction des taux d'émissions des installations récentes et d'analyser l'impact des opérations de retrofit sur les niveaux d'émissions. Dans l'attente d'éléments complémentaires, pour ces inventaires, les taux corrigés à la hausse des inventaires 2012 (Tableau V-11) sont conservés sur 2013.

Tableau V-11 Correction taux d'émissions des installations centralisées de froid commercial

Taux d'émissions	Supermarchés	Hypermarchés
2013	30 %	35 %

Commerces de proximité

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 [BAR12]. La tendance a été maintenue sur 2013.

Tableau V-12 – Taux d'émissions fugitives prises en compte dans le calcul 2013

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-13.

Tableau V-13 – Efficacités de récupération prises en compte dans le calcul

2013	Hypermarchés et supermarchés	Groupes de condensation	Groupes hermétiques
Taux de récupération fonction de la charge restante	80 %	40 %	10 %

V.3 - Résultats Froid commercial Inventaires 2013 France métropole

V.3.1 – La banque

La banque de froid commercial est en croissance de 7 % par rapport à 2012, notamment du fait de la forte croissance du parc de magasins drive.

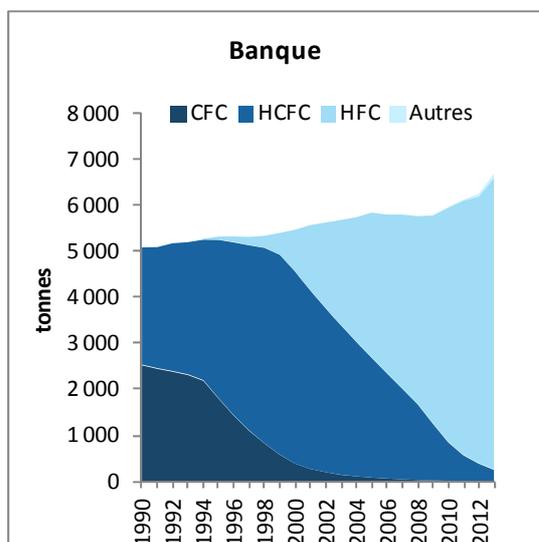


Figure V-5 - Evolution de la banque de fluides frigorigènes de froid commercial

Tableau V-14 - Banque 2013 – Froid commercial

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	137	244
	R-408A	72	
	R-401A	34	
HFC	R-134a	888	6 345
	R-404A	4 975	
	R-407C	6	
	R-410A	23	
	R-507	356	
	R-417A	6	
	R-422A	16	
	R-422D	50	
	R-427A	14	
	R-407A	2	
	R-407F	8	
	R-1234yf	0	
	Autres	R-290	
R-600a		5	
R-717		7	
R-744		79	
TOTAL			6 687

Le rythme régulier de retrofits des installations aux HCFC a permis de réduire la banque à seulement 250 t en 2013, soit 4% de la banque de froid commercial. Le R-404A constitue désormais les trois quarts de la banque, cependant la croissance de la part du R-134a se confirme.

V.3.2 – La demande

La demande totale en fluides frigorigènes est estimée à plus de 2 800 t pour 2013, dominée à 80 % par le R-404A (Tableau V-15). En 2013, les deux tiers de la demande totale sont utilisés pour la maintenance des installations et seulement 1 % au retrofit des installations, une grande partie du parc ayant déjà été convertie.

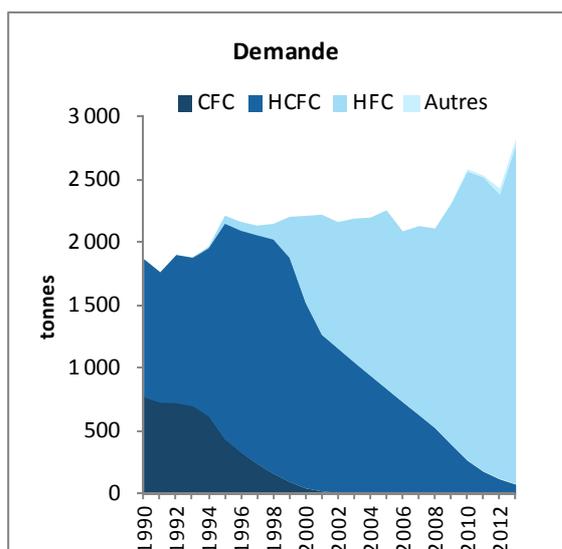


Figure V-6 – Evolution de la demande totale de fluides frigorigènes en froid commercial

Tableau V-15 - Demande totale 2013 (tonnes) – Froid commercial

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	39	75
	R-408A	27	
	R-401A	9	
HFC	R-134a	291	2 698
	R-404A	2 228	
	R-407C	2	
	R-410A	10	
	R-507	134	
	R-417A	3	
	R-422A	5	
	R-422D	16	
	R-427A	5	
	R-407A	1	
	R-407F	5	
	R-1234yf	0	
	Autres	R-290	
R-600a		4	
R-717		3	
R-744		36	
TOTAL			2 821

V.3.3 – Les émissions totales

Le niveau 2013 des émissions totales dues à l'ensemble du secteur du froid commercial est estimé à 1 900 t de fluides frigorigènes, dont 94 % de HFC (Tableau V-16). Les émissions 2013 sont dominées à 80 % par le froid centralisé des super et hypermarchés.

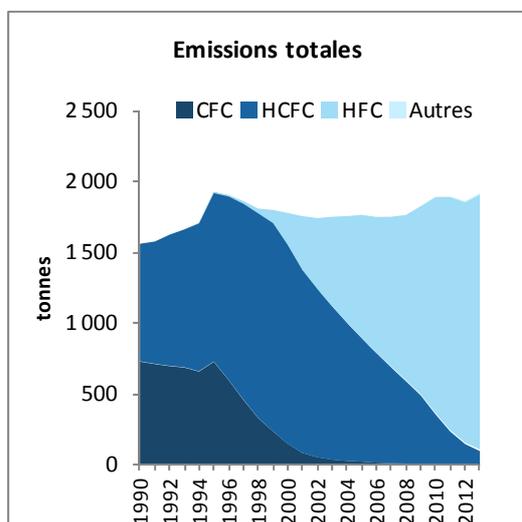


Figure V-7 - Evolution des émissions totales de fluides frigorigènes en froid commercial

Tableau V-16 - Emissions totales 2013 (tonnes) – Froid commercial

CFC	R-12	1	1
HCFC	R-22	60	101
	R-408A	30	
	R-401A	11	
HFC	R-134a	182	1 810
	R-404A	1 450	
	R-407C	2	
	R-410A	9	
	R-507	129	
	R-417A	2	
	R-422A	6	
	R-422D	20	
	R-427A	6	
	R-407A	1	
	R-407F	3	
	R-1234yf	0	
	Autres	R-290	
R-600a		0	
R-717		1	
R-744		8	
TOTAL			1 922

V.3.4 – Les émissions en équivalent CO₂

Les émissions du froid commercial sont très pénalisées par l'utilisation du R-404A. A la suite de la réévaluation du PRP du R-404A à 3 900 (+20%) par le 4^{ème} rapport d'évaluation du GIEC), les émissions du froid commercial, en croissance de 4 % par rapport à 2012, s'élèvent désormais à 6,8 millions de tonnes de CO₂. Elles sont dominées par les hypermarchés (39 %) et les supermarchés (31 %).

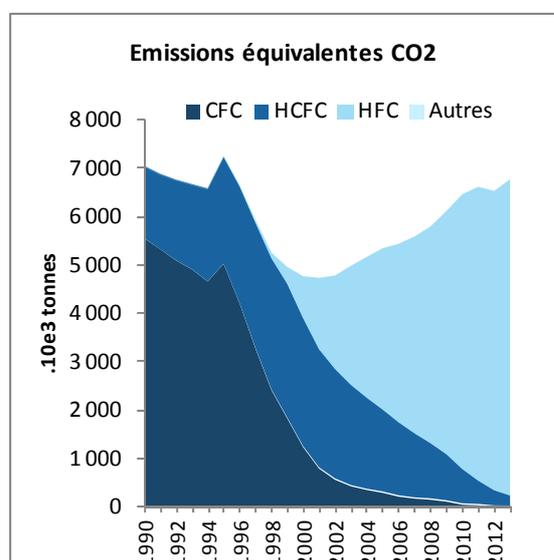


Figure V-8 - Evolution des émissions totales en équivalent CO₂ en froid commercial

Tableau V-17 - Emissions totales en milliers de tonnes équivalentes CO₂ 2013 – Froid commercial

CFC	R-12	11	11
HCFC	R-22	108	218
	R-408A	96	
	R-401A	14	
HFC	R-134a	260	6 552
	R-404A	5654	
	R-407C	4	
	R-410A	18	
	R-507	518	
	R-417A	6	
	R-422A	20	
	R-422D	54	
	R-427A	12	
	R-407A	1	
	R-407F	6	
	R-1234yf	0	
Autres	R-290	0	0
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL		6 781	

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 2013, le R-22 issu des installations converties vers des HFC représente 33 % des quantités.

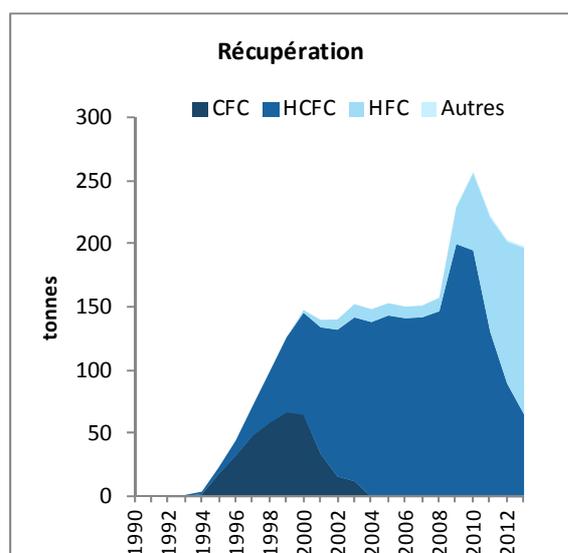


Figure V-9 - Evolution des quantités récupérées en froid commercial

Tableau V-18 - Quantités récupérées 2013 (tonnes) – Froid commercial

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	43	65
	R-408A	17	
	R-401A	5	
HFC	R-134a	10	132
	R-404A	87	
	R-407C	0	
	R-410A	1	
	R-507	16	
	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	1
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	1	
TOTAL		199	

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.

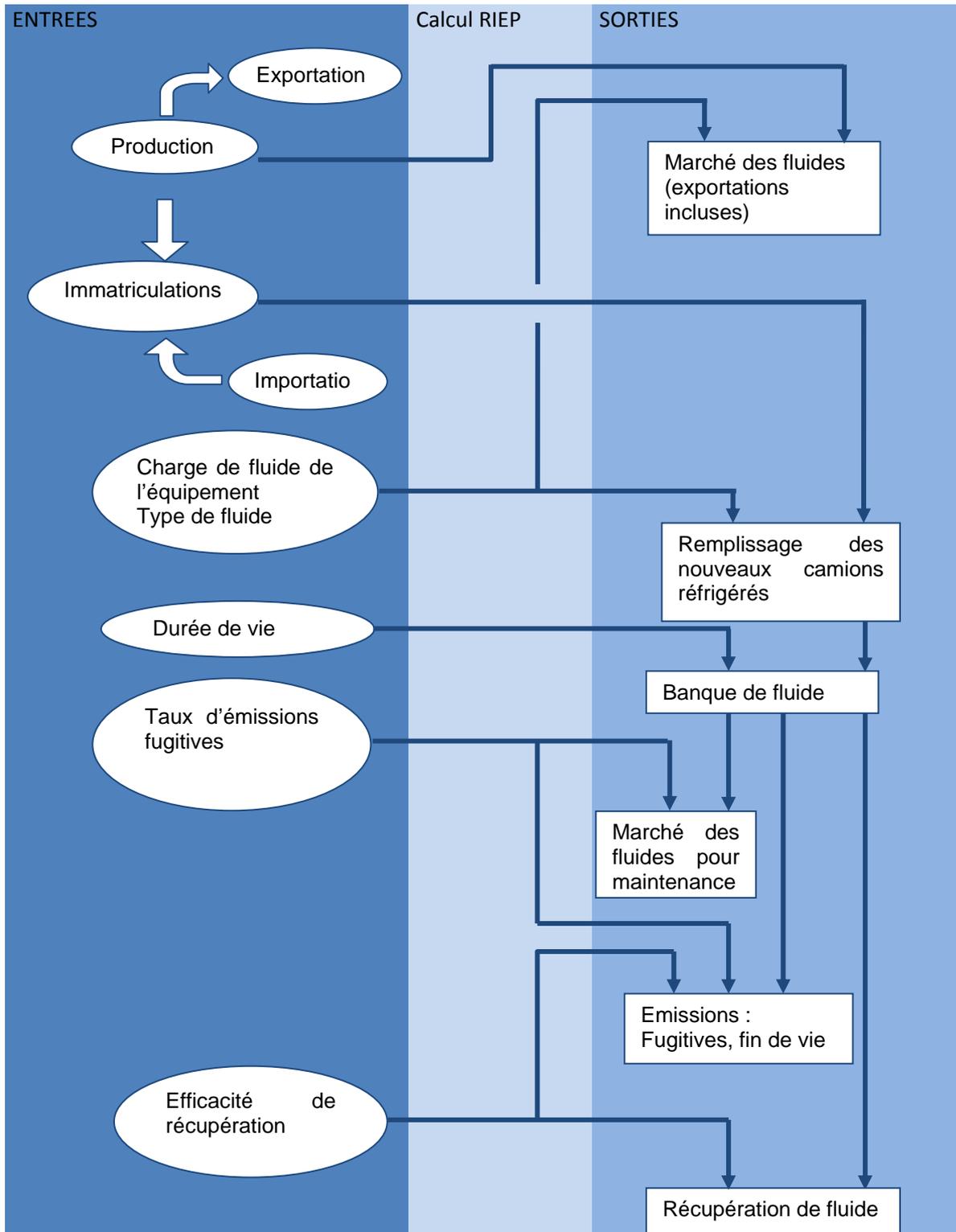


Figure VI-1– Organigramme de la méthode utilisée pour le secteur des transports frigorifiques

VI.3 Le transport frigorifique en France en 2013

VI.3.1 Statistiques disponibles transport routier

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.
- Les groupes de type « systèmes autonomes » sont principalement chargés d'usine ; la production n'est alors pas en lien avec celle des camions.

Production française

En transport routier, la production des systèmes de type « poulie-courroie » a été estimée en fonction des données Datafrig 2012. 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 [MIC13].

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 estimées des groupes frigorifiques pour le transport routier

Types	2000	2005	2010	2013
Camionnettes équipées de systèmes Poulie - courroie	2 690	5 600	5 570	5 625
Systèmes autonomes chargés d'usine (90 %) équipant les Camions et Semi-remorques	10 800	13 750	16 150	21 150

Marché neuf ou immatriculations

La Chambre Syndicale Nationale des Carrossiers et Constructeurs de Semi-Remorques et Conteneurs (CARCOSERCO) [CAR13] communique au CES les immatriculations des véhicules frigorifiques de type : véhicules utilitaires légers, véhicules industriels, semi-remorques et remorques, ce qui permet d'évaluer le marché des systèmes poulie-courroie et moteur thermique (Tableau VI-2).

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

Marché transport routier	2013
Poulie - courroie	4 675
Moteur thermique	4 580

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 2010-2013. Faute de données plus précises, ce sont les valeurs projetées qui sont utilisées pour estimer le marché de 2010 à 2013 (Tableau VI-3).

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

Conteneurs	2004	2009	2010	Estimation 2013
Flotte	1 153 000	1 689 000	1 702 000	2 150 000
Marché	143 000	138 000	91 000	261 000

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 2013.

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 et prolongée sur 2013.

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 2012 [MIC13] a permis de conforter la tendance présentée au Tableau VI-4 des fluides utilisés sur le marché neuf.

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

Transport routier	Poulie-moteur	Moteur thermique
2013	10 % R-134a 90 % R-404A	99,5 % R-404A 0,1 % R-134a 0,4 % 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 CO₂ depuis 2011 (estimée à 3 % en 2013).

VI.3.4 Charges de référence

La charge des équipements du transport routier était considérée constante jusqu'en 2006. La tendance est, comme dans la plupart des secteurs, à la réduction, tel que précisé au Tableau VI-5.

Tableau VI-5 – Charges des équipements du transport routier

Charge moyenne (kg)	Valeurs jusqu'en 2006	2013
Poulie - courroie	2,5	1,6
Moteur thermique	7,2	6,4

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 2010-2013. Les charges des conteneurs sont supposées constantes.

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

Charge	Reefers	Conteneurs autonomes
2013	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.

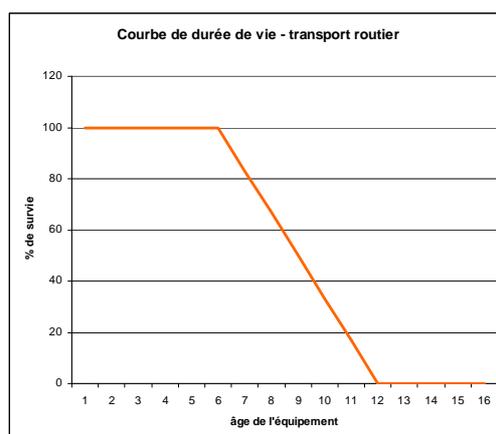


Figure VI-2 - Courbe de durée de vie pour les systèmes du transport routier

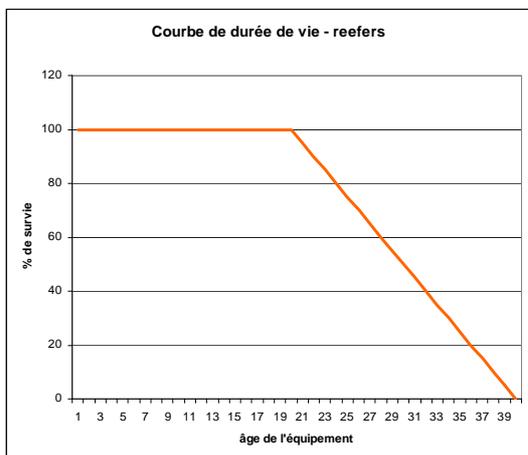


Figure VI-3 – Courbe de durée de vie des reefers

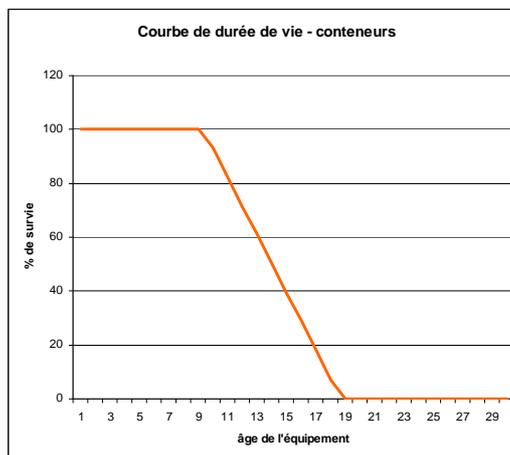


Figure VI-4 – Courbe de durée de vie des conteneurs

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 directs [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		
2013	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 de la filière du transport routier ont été réduites de 10 % à la suite d'informations tendanciennes du Cemafruid qui restent à confirmer, la correction pourrait être plus forte.

Tableau VI-8 – Efficacité de récupération

Efficacité de récupération	Transport routier	Reefers	Conteneurs autonomes
2013	70 %	20 %	25 %

VI.4 Résultats Transports Frigorifiques – Inventaires métropole 2013

VI.4.1 – La banque

La banque est en croissance de 3 % 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 1 650 t en 2013, dont 60 % est du R-134a. La banque du transport routier est de seulement 350 t, composée à 90 % de R-404A.

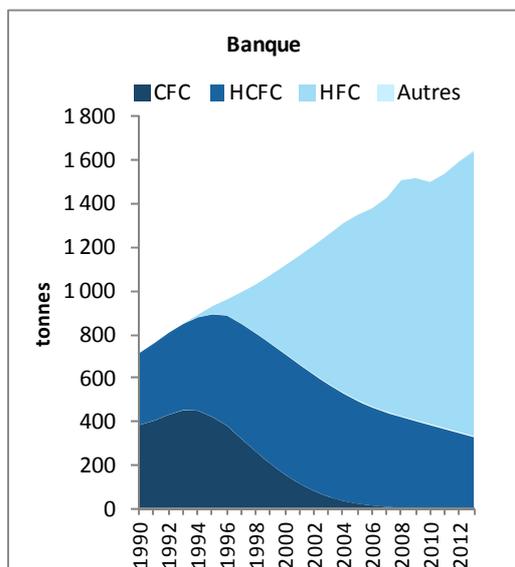


Figure VI-5- Evolution de la banque de fluides frigorigènes du transport frigorifique

Tableau VI-9 - Banque 2013 (tonnes)– Transport Frigorifique

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	331	331
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	974	1 307
	R-404A	331	
	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	5
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	5	
TOTAL			1 643

VI.4.2 – La demande

La demande totale en fluides frigorigènes, en légère décroissance, est estimée à 630 t en 2013. 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 (75 t en 2013) 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 18 % de la demande totale provient de la demande pour la maintenance des équipements de transport maritime traités au niveau mondial.

Tableau VI-10 - Demande totale 2013 (tonnes) – Transport Frigorifique

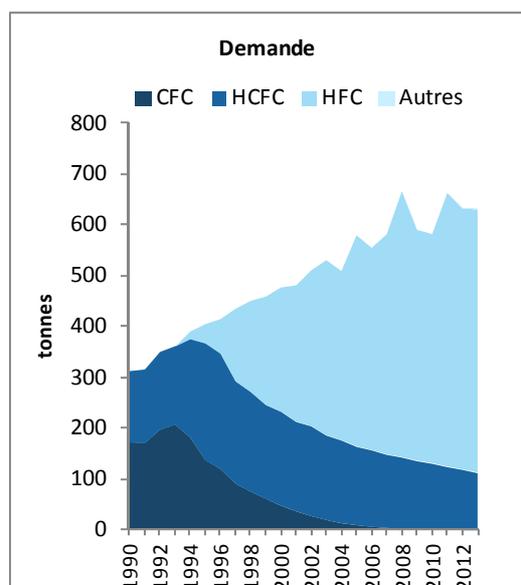


Figure VI-6 – Evolution de la demande totale de fluides frigorigènes en transport frigorifique

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	112	112
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	296	519
	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	3
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	3	
TOTAL			633

VI.4.3 – Les émissions totales

Le niveau 2013 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.

Les émissions dues au transport routier ne sont que de 80 t en 2013, mais principalement constituées de R-404A.

Tableau VI-11 - Emissions totales 2013 (tonnes) – Transport Frigorifique

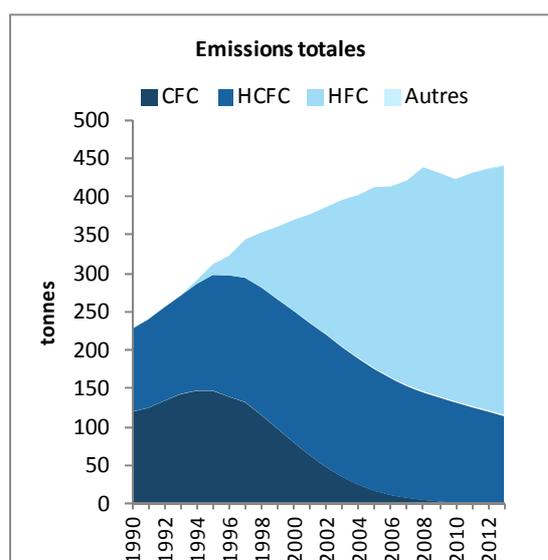


Figure VI-7 - Evolution des émissions totales de fluides frigorigènes en transport frigorifique

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	114	114
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	251	326
	R-404A	74	
	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
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	1	
TOTAL			441

VI.4.4 – Les émissions en équivalent CO2

L'élimination de la banque de CFC (Figure VI-8) a permis de réduire les émissions du transport frigorifique à seulement 0,86 million de tonnes en 2013. Le transport routier, responsable de 20 % des émissions de fluides frigorigènes du transport, voit sa part des émissions équivalentes CO₂ s'élever à 34 %, à cause de la forte utilisation du R-404A.

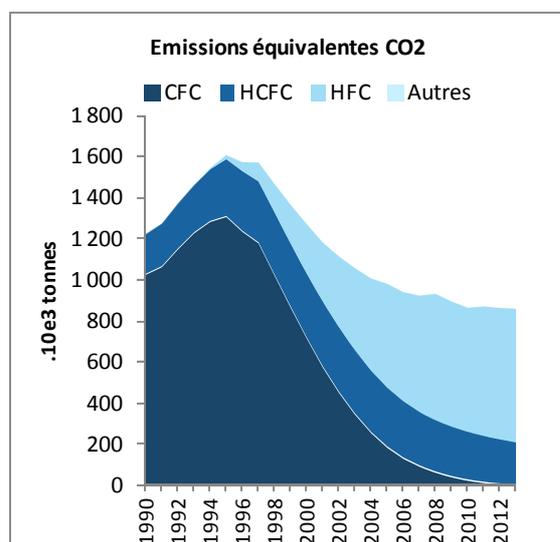


Figure VI-8 - Evolution des émissions totales en équivalent CO₂ en transport frigorifique

Tableau VI-12- Emissions totales en milliers de tonnes équivalentes CO₂ 2013 – Transport Frigorifique

CFC	R-12	3	3
HCFC	R-22	207	207
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	360	648
	R-404A	288	
	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			858

VI.4.5 – Les quantités récupérées

Les quantités de fluides frigorigènes récupérées lors de la fin de vie des équipements s'élèvent à seulement 45 t étant donné une banque peu élevée et la faible efficacité de récupération associée au transport maritime.

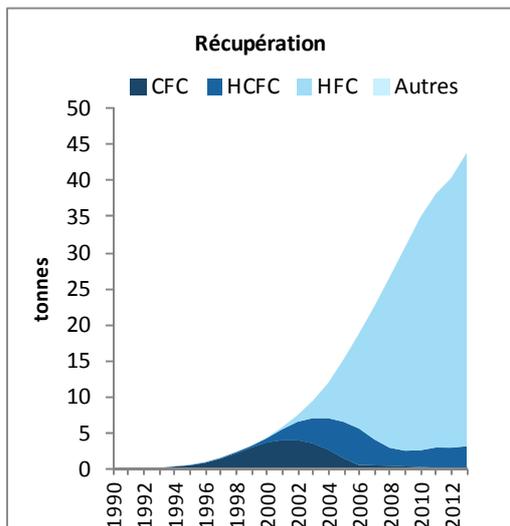


Figure VI-9 - Evolution des quantités récupérées en transport frigorifique

Tableau VI-13 - Quantités récupérées 2013 (tonnes) – Transport Frigorifique

CFC	R-12	0	0
	R-22	3	
HCFC	R-408A	0	3
	R-401A	0	
HFC	R-134a	14	41
	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			44

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

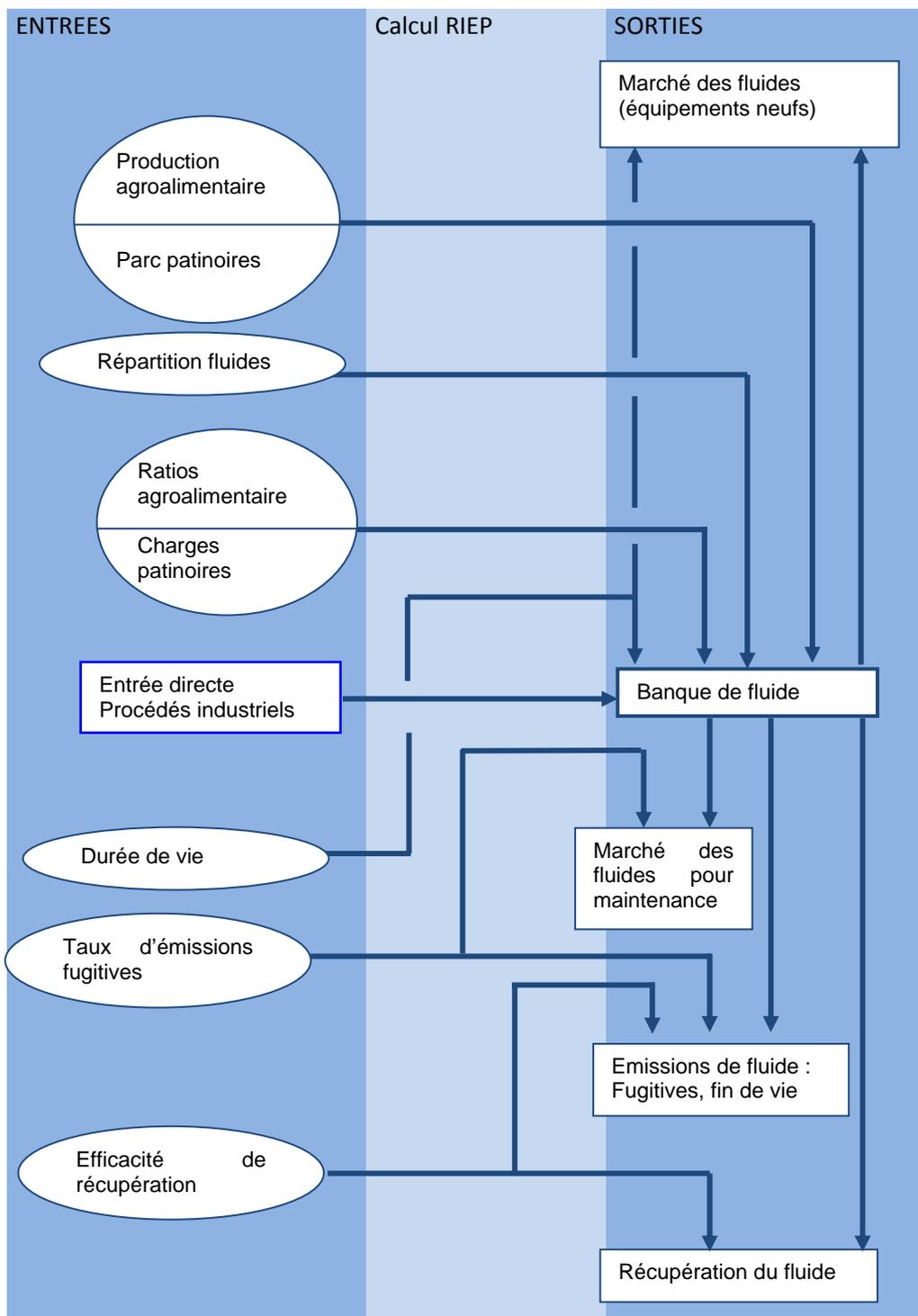


Figure VII-1 - Organigramme de la méthode de calcul utilisée pour le sous-secteur du froid industriel

VII.3 Données Industries en France métropole en 2013

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 du calcul d'inventaires, les données 2013 ne sont pas encore publiées sur le site; en revanche dans la plupart des secteurs, des mises à jour apparaissent sur la période 2009-2011. Les productions 2013 ont donc été estimées à partir des données 2008-2012 ; 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 2013	5 707 000	23 734 000	7 026 000	589 000

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 2013 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 ³)	Plats cuisinés (t)
2013	2 077 000	945 000	3 273 000	16 547 000	822 000

Le volume d'entrepôts est estimé en fonction de la population et de la production totale agroalimentaire. L'approche permet de recouper l'ordre de grandeur donné par [GOU13] pour 2010.

Depuis les inventaires 2012, la production des plats cuisinés non surgelés est également prise en compte. 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 2013 estimée à 782 000 t.

Patinoires

Le nombre de patinoires fixes installées en France est stable, évalué à 160 en 2013 selon l'annuaire du Syndicat national des patinoires [SYN13].

Les patinoires mobiles (ou démontables) sont de plus en plus nombreuses, utilisées seulement une partie de l'année dont le parc est difficile à estimer mais ces systèmes utilisent des chillers, dont le marché est déjà comptabilisé dans le domaine des chillers dans les inventaires.

Un niveau de 15 nouvelles patinoires annuel est pris en compte dans ces inventaires pour 2013, incluant les patinoires mobiles et les renouvellements des systèmes des patinoires existantes.

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 5 % par rapport à 2012, de l'ordre de 810 000 tonnes en France en 2013 [CFP13].

VII.3.2 Fluides utilisés

Industries Agroalimentaires

L'enquête menée auprès de 3 groupes agro-alimentaires en 2013 [ZOU13] a montré que le R-404A n'était plus du tout utilisé dans les nouvelles installations et que les possibilités de retrofit à moyen terme étaient à l'étude. Le R-407A et R-407F 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) qui conduisent certains industriels à préférer d'autres alternatives tels que les systèmes cascade R-134a/CO₂. En froid négatif, le CO₂ est en effet de plus en plus utilisé.

Ces résultats d'enquête auprès des détenteurs sont confirmés cette année par les opérateurs tels que Johnson Control [PHI13]. 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 systèmes cascades NH₃/CO₂ (avec de petites charges de NH₃) ou R-134a/CO₂ quand l'ammoniac n'est réglementairement pas possible.

Les données récapitulées au Tableau VII-3 correspondent aux hypothèses du calcul 2013 et montrent pour les principales industries la forte évolution 2010/2013.

Tableau VII-3 – Fluides utilisés dans les installations neuves des industries agroalimentaires en 2013

Secteurs		R-134a	R-404A	R-717 (NH ₃)	R-744 (CO ₂)
Viande	2010	10 %	49 %	40 %	1 %
	2013	20 %	20 %	45 %	15 %
Produits laitiers	2010	10 %	50 %	40 %	-
	2013	25 %	20 %	55 %	
Entrepôts	2010	5 %	35 %	60 %	-
	2013	15 %	15 %	60 %	10 %

Dans les hypothèses de calcul, le rythme des conversions d'installations d'industrie agroalimentaire ralentit en 2013, et est équivalente à 5 à 10 % de la banque de HCFC (Tableau VII-4) selon les secteurs.

Tableau VII-4 - Retrofit ou accélération de conversion des principales industries agroalimentaires en 2013

Secteurs		Part de la banque retrofitée	Vers R-134a	Vers R-404A	R-717 (NH ₃)	R-744 (CO ₂)	Vers Mélanges HFC
Viande	2010	10 %	1 %	2 %	1 %	1 %	5 %
	2013	5 %	-	5 %	-	-	-
Produits laitiers	2010	10 %	2 %	2 %	1 %	-	5 %
	2013	5 %	-	5 %	-	-	3 %
Entrepôts	2010	10 %	2 %	3 %	-	-	5 %
	2013	10 %	2	3 %	1	4 %	-

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. Une répartition stable par rapport à 2012 est prise en compte (Tableau VII-5).

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.

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
2013	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

Selon JCI [PHI13], dans les autres industries, le R-134a est principalement utilisé dans les installations neuves. Faute d'informations plus précises, les fluides utilisés sur le marché des procédés industriels sont supposés stables sur 2010-2013 ; les hypothèses sont récapitulées au Tableau VII-6.

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

Procédés industriels	Chimique	Caoutchouc	Plasturgie et autres
2013	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/m³) par secteur de l'industrie agroalimentaire

Puissance frigorifique	Chocolateries industrielles	Boissons gazeuses	Viande	Produits laitiers	Vin et Bière	Surgelés	Entrepôts (kW/m ³)	Glace hydrique pour le poisson
Ratio ^w (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 sont en augmentation significative, les niveaux 2013 sont récapitulés au 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 %
2013	80 %	66 %	90 %	66 %

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 m³ 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) 2013	0,35	0,64	0,64	0,32

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.

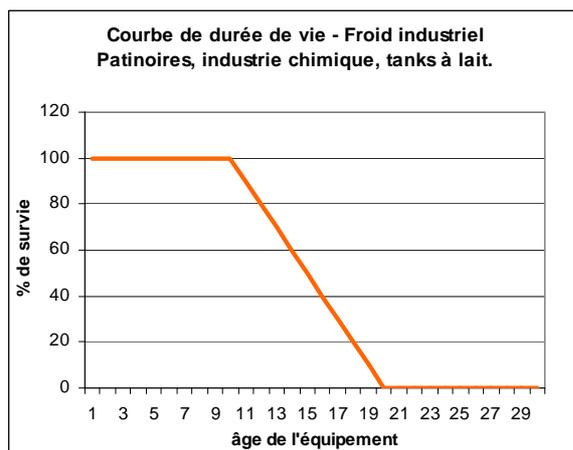


Figure VII-2 - Courbe de durée de vie pour les secteurs des patinoires, tanks à lait et de l'industrie chimique

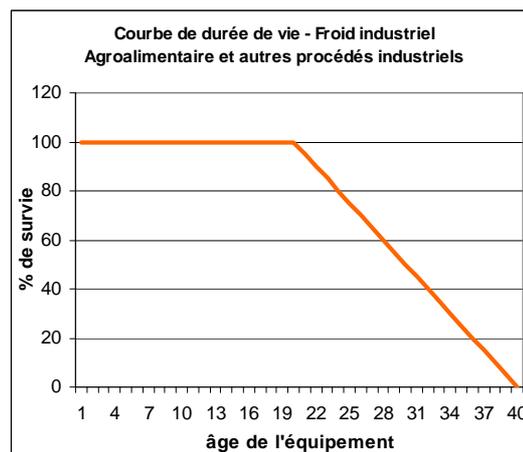


Figure VII-3 - Courbe de durée de vie pour les secteurs de l'agroalimentaire et autres procédés industriels

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 réalisée lors des inventaires 2012 [BAR12], les taux d'émissions des installations utilisatrices sont supposés constants depuis 1990. Les niveaux corrigés sont présentés au Tableau VII-12.

Tableau VII-12 – Taux d'émissions Froid industriel

Taux d'émissions	Agroalimentaire	Tanks à lait	Patinoires	Industrie chimique	Industrie caoutchouc
Niveaux constants 1990- 2013	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

Selon JCI [PHI13], les niveaux de récupération dans les patinoires ont beaucoup progressé ces dernières années et les valeurs prises en compte jusqu'à présent dans les hypothèses d'inventaires étaient trop faibles, les systèmes étant désormais bien entretenus et les quantités récupérées élevées. Une correction a donc été appliquée depuis 2010 afin de traduire cette progression. Pour les autres secteurs, 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
2013	80 %	80 %	50 %	78 %

VII.4 Résultats Froid Industriel Inventaires 2013

VII.4.1 – La banque

La banque du froid industriel est stable, estimée à 11 300 t en 2013. 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 12 % de la banque du froid industriel. La part de l'ammoniac est en légère croissance et représente 36 % en 2013.

D'un point de vue sectoriel, les entrepôts constituent près de 30 % de la banque de froid industriel en 2013, suivi par l'industrie chimique (20 %) et celle de la viande (15 %).

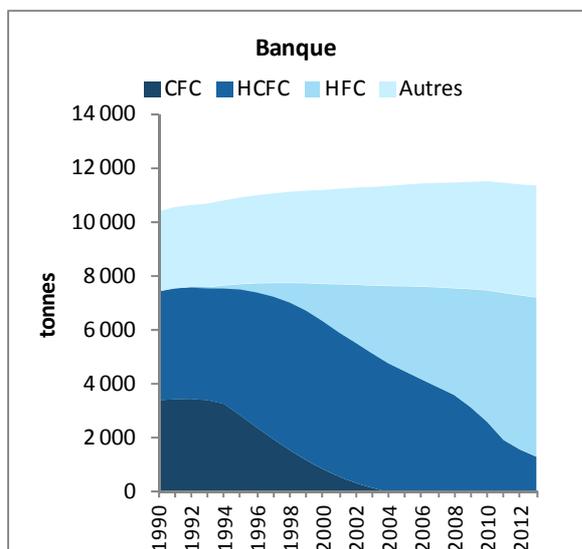


Figure VII-4 - Evolution de la banque de fluides frigorigènes du froid industriel

Tableau VII-14 - Banque 2013 (tonnes) – Froid Industriel

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	1 313	1 313
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	1 985	5 896
	R-404A	3 517	
	R-407C	0	
	R-410A	0	
	R-507	14	
	R-417A	71	
	R-422A	67	
	R-422D	156	
	R-427A	60	
	R-407A	17	
	R-407F	9	
	R-1234yf	0	
	Autres	R-290	
R-600a		0	
R-717		4 061	
R-744		50	
TOTAL			11 321

VII.4.2 – La demande

Après une période de forte croissance, liée à celle de la demande pour le retrofit des installations au R-22 sur 2009-2011, la baisse de la demande en fluides frigorigènes, liée à l'attente de la nouvelle réglementation F-Gas, se poursuit en 2013, mais plus modérément qu'en 2012 (3%).

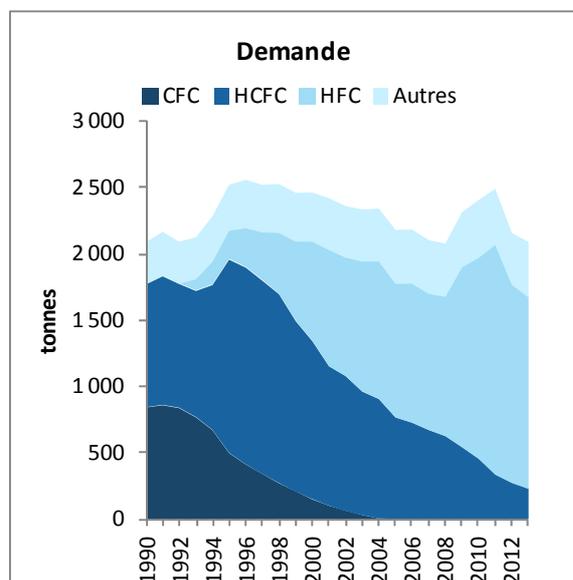


Figure VII-5 – Evolution de la demande totale de fluides frigorigènes en froid industriel

Tableau VII-15 - Demande totale 2013 (tonnes) – Froid Industriel

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	228	228
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	564	1 444
	R-404A	757	
	R-407C	0	
	R-410A	0	
	R-507	3	
	R-417A	25	
	R-422A	20	
	R-422D	50	
	R-427A	20	
	R-407A	3	
	R-407F	2	
	R-1234yf	0	
	Autres	R-290	
R-600a		0	
R-717		397	
R-744		20	
TOTAL			2 089

Globalement, la demande totale du froid industriel (Tableau VII-15) est dominée par le R-404A à 36 % qui, même s'il est moins utilisé en 2013 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 2013 des émissions totales dues à l'ensemble du secteur du froid industriel est estimé à près environ 1 500 t, à 85 % constituées par les émissions fugitives du parc des installations. Les secteurs les plus émissifs sont, à l'image de la banque, l'industrie chimique (30 % des émissions) et les entrepôts (27 %).

Du fait des fins de vie et retrofits d'installations, les émissions de R-22 sont en forte baisse depuis 2009 et ne représentent plus que 17 % des émissions totales en 2013.

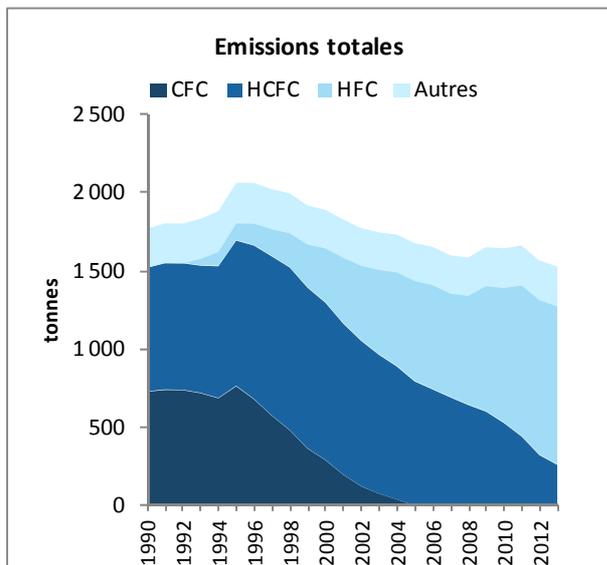


Figure VII-6 - Evolution des émissions totales de fluides frigorigènes en froid industriel

Tableau VII-16 - Emissions totales 2013 (tonnes) – Froid Industriel

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	262	262
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	346	1 009
	R-404A	585	
	R-407C	0	
	R-410A	0	
	R-507	4	
	R-417A	14	
	R-422A	14	
	R-422D	30	
	R-427A	12	
	R-407A	3	
	R-407F	2	
Autres	R-1234yf	0	256
	R-290	0	
	R-600a	0	
	R-717	254	
	R-744	3	
TOTAL			1 527

VII.4.4 – Les émissions en équivalent CO₂

Le froid industriel est responsable de plus de 3,4 millions de tonnes d'émissions de CO₂ équivalent en 2013, dues à 86 % aux HFC et principalement au R-404A dont le PRP a été réévalué à 3900 dans le 4^{ème} rapport du GIEC.

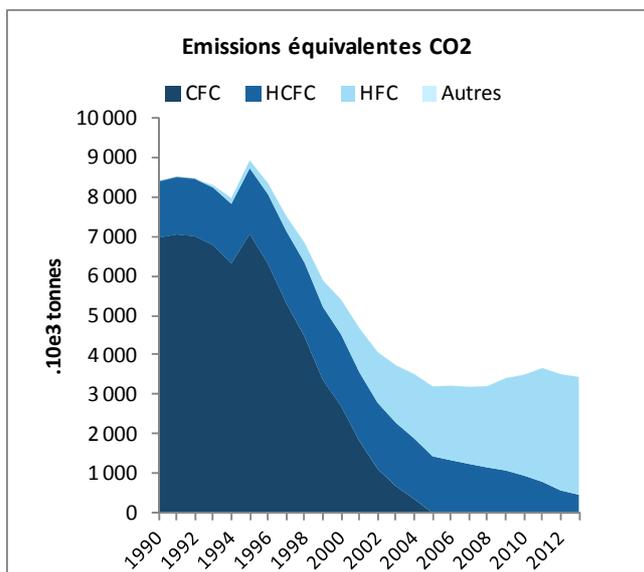


Figure VII-7 - Evolution des émissions totales en équivalent CO₂ en froid industriel

Tableau VII-17- Emissions totales en milliers de tonnes équivalentes CO₂ 2013 – Froid Industriel

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	475	475
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	495	2 980
	R-404A	2283	
	R-407C	0	
	R-410A	0	
	R-507	14	
	R-417A	32	
	R-422A	43	
	R-422D	80	
	R-427A	24	
	R-407A	6	
	R-407F	3	
Autres	R-1234yf	0	0
	R-290	0	
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			3 455

D'un point de vue sectoriel, les parts de l'industrie chimique et des entrepôts sont estimées à 27 % et 21 %, respectivement.

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), qui était liée au nombre important de retrofits et conversions d'installations aux HCFC. En 2013, les quantités récupérées de R-22 ne représentent plus que 43 % du total.

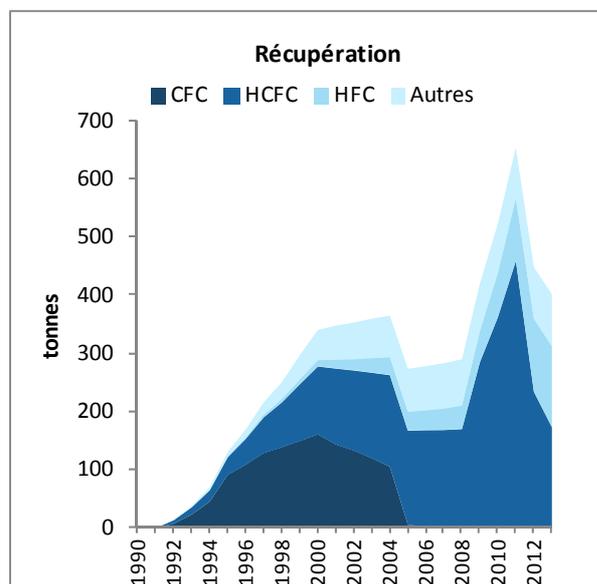


Figure VII-8 - Evolution des quantités récupérées en froid industriel

Tableau VII-18 - Quantités récupérées 2013 (tonnes)
– Froid Industriel

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	173	173
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	58	139
	R-404A	49	
	R-407C	0	
	R-410A	0	
	R-507	1	
	R-417A	6	
	R-422A	7	
	R-422D	11	
	R-427A	6	
	R-407A	1	
	R-407F	0	
R-1234yf	0		
Autres	R-290	0	90
	R-600a	0	
	R-717	90	
	R-744	1	
TOTAL			402

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.

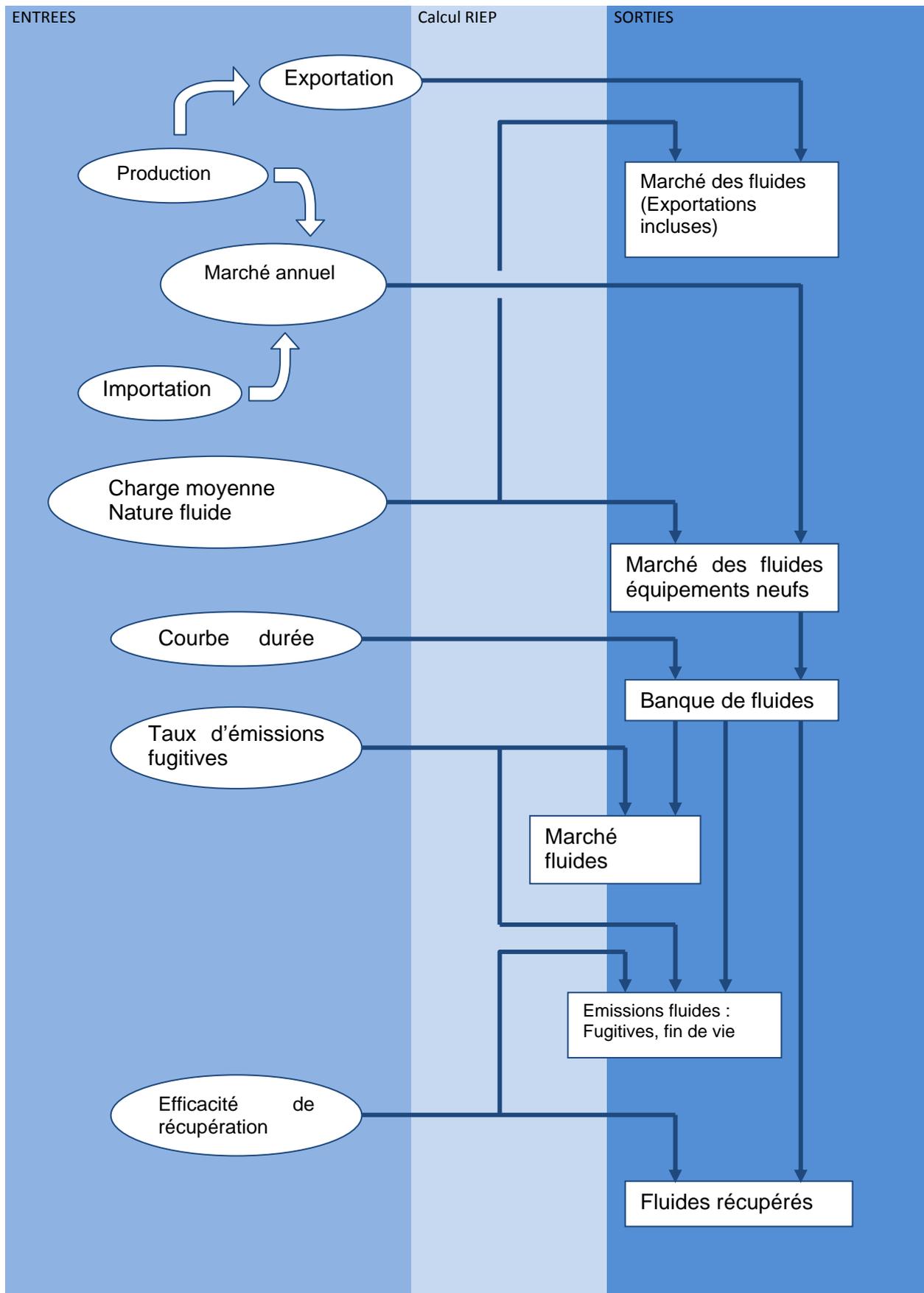


Figure VIII-1 - Organigramme de la méthode utilisée pour le secteur des GRE

VIII.3 Les GRE en France en 2013

VIII.3.1 Le marché

Chaque année, des données détaillées confidentielles sont 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, ce qui permet de reconstituer le marché pour les 3 principales catégories de chillers volumétriques considérées dans RIEP. Les marchés des chillers centrifuges ne sont pas suivis précisément par Clim'Info dont l'estimation ne concorde pas avec celle de BSRIA; ils sont marqués d'une forte incertitude.

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

Tableau VIII-2 Evolution des marchés GRE et données 2013

Marchés (nombre unités)	2000	2005	2010	2013
GRE toutes puissances	9 830	13 510	7 380	6 310
Estimation Compresseurs centrifuges	49	53	56	50

Une erreur de frappe s'était glissée dans le rapport 2012, les valeurs sont ici corrigées sur l'historique.

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	2013
GRE toutes puissances	17 680	23 580	12 780	10 880
Compresseurs centrifuges	0	195	200	210

VIII.3.3 Les fluides utilisés

Les tendances de progression du R-410A et du R-407C sur le marché des chillers à compresseurs volumétriques de petites et moyennes puissances sont prolongées, telles qu'au Tableau VIII-4 en tenant compte des données de Clim Info [OHL13]. De même, la correction apportée au secteur des fortes puissances selon laquelle le R-134a est dominant sur le marché des fortes puissances est maintenue.

Tableau VIII-4 - Fluides utilisés sur le marché neuf des GRE 2010-2013

Fluides utilisés	2010	2013
GRE P < 50 kW	R-407C (31 %) R-410A (69%)	R-407C (25 %) R-410A (75 %)
GRE 50 < P < 350 kW	R-407C (45 %) R-410A (53 %) R-717 (2 %)	R-407C (10 %) R-410A (89 %) R-717 (1 %)
GRE P > 350 kW	R-407C (22,5 %) R-410A (25,5 %) R-134a (50 %) R-717 (2 %)	R-407C (25 %) R-410A (34 %) R-134a (40 %) R-717 (1 %)
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].

Climafort transmet chaque année l'évolution de son parc d'installations, ce qui permet de traduire l'évolution des ratios de charge, des fluides utilisés et des taux d'émissions pour les chillers centrifuges [ROB13]

Les ratios de charge sont récapitulés au Tableau VIII-5.

Tableau VIII-5 – Ratios de charge des groupes refroidisseurs à eau mis sur le marché en 2013

RATIOS DE CHARGES (kg/ kW) 2013			
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 à 800 kW.

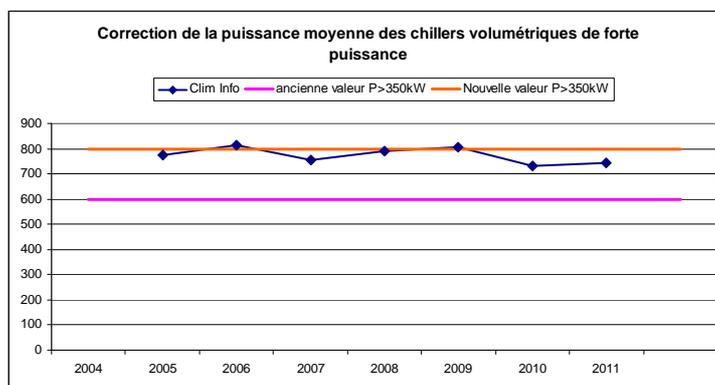


Figure VIII-2 – Correction de la puissance moyenne des chillers de forte puissance (> 350 kW)

Les valeurs moyennes pour les autres gammes sont 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.

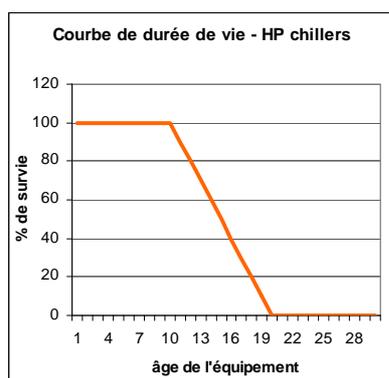


Figure VIII-3 – Courbe de durée de vie des GRE de petites et moyennes puissances

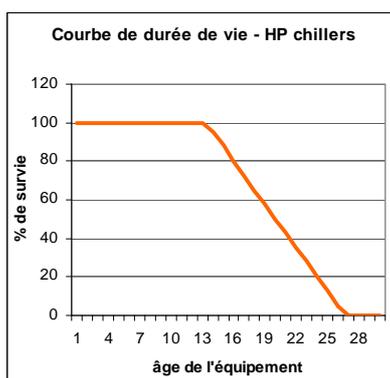


Figure VIII-4 – Courbe de durée de vie des GRE de fortes puissances

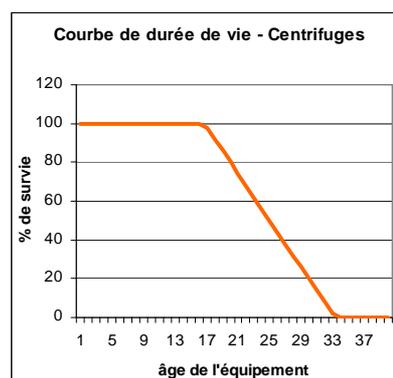


Figure VIII-5 – Courbe de durée de vie des GRE centrifuges

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 excepté pour les centrifuges [ROB13], les niveaux d'émissions des équipements neufs sont supposés stables sur 2010-2013 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 2013

GRE	Petite puissance	Moyenne puissance	Forte puissance	Centrifuges
Taux d'émission (%)	10 %	5 %	5 %	3,5 %
Récupération fin de vie (%)	78 %	78 %	78 %	80 %

Le taux de récupération en fin de vie des chillers centrifuges semble sous-estimé aux adhérents du groupe Climafort. Les installations étant classées "ICPE", il y a peu de pertes et le taux peut être corrigé à 95 %. Ce commentaire ayant été fait après la réalisation du calcul d'inventaires, il n'a pas été pris en compte sur 2013 mais l'efficacité de récupération sera corrigée l'an prochain sur la période 2010-2013.

VIII.4 Résultats GRE – Inventaires 2013

VIII.4.1 – La banque

La banque du secteur des GRE est estimée à 8 000 t en 2013. Du fait de la diminution des ratios de charge des équipements neufs, elle est en décroissance continue, de 4 % par rapport à 2012. Elle est désormais dominée par le R-407C, à 32 %. La banque de R-22 est réduite à 1 500 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 12 % par les chillers centrifuges
- à 58 % 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.

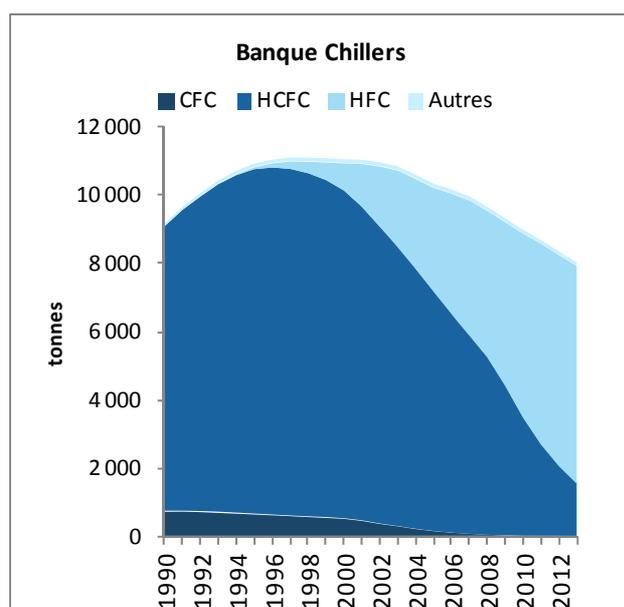


Figure VIII-6 - Evolution de la banque de fluides frigorigènes des GRE

Tableau VIII-7 - Banque 2013 (tonnes) – Chillers

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	1 567	1 567
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	2 143	6 381
	R-404A	0	
	R-407C	2 565	
	R-410A	1 137	
	R-507	0	
	R-417A	0	
	R-422A	0	
	R-422D	365	
	R-427A	170	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
Autres	R-1234yf	0	95
	R-290	0	
	R-600a	0	
	R-717	95	
	R-744	0	
TOTAL			8 043

La banque de R-410A est en forte croissance, de 14 % entre 2012 et 2013.

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 1 600 t pour les GRE, dont près de la moitié (44 %) pour la maintenance du parc.

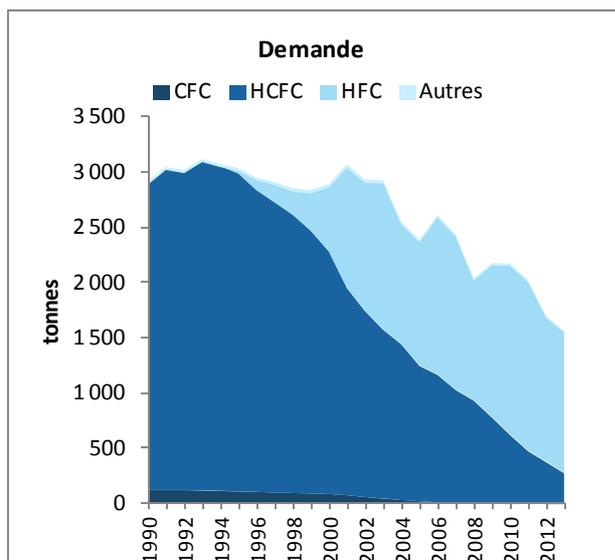


Figure VIII-7 – Evolution de la demande totale de fluides frigorigènes en froid industriel

Tableau VIII-8 - Demande totale 2013 (tonnes) – Groupes Refroidisseurs à Eau

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	278	278
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	457	1 269
	R-404A	0	
	R-407C	315	
	R-410A	368	
	R-507	0	
	R-417A	0	
	R-422A	0	
	R-422D	93	
	R-427A	37	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
	R-1234yf	0	
Autres	R-290	0	14
	R-600a	0	
	R-717	14	
	R-744	0	
TOTAL			1 562

La demande de R-22 nécessaire à la maintenance des chillers fonctionnant encore avec des HCFC domine encore la demande totale à 18 %, suivie par le R-134a à 14 %.

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 moins de 1 100 t en 2013, soit 10 % de moins qu'en 2012. C'est le secteur des chillers de forte puissance qui, à l'image de la banque, domine les émissions à 60 %.

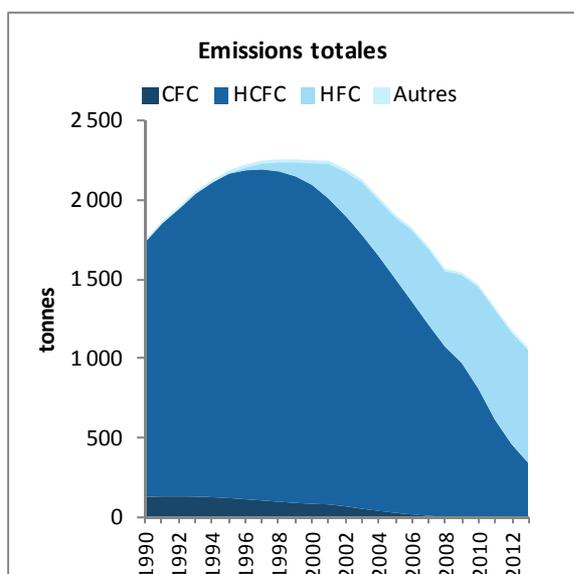


Figure VIII-8 - Evolution des émissions totales de fluides frigorigènes en froid industriel

Tableau VIII-9 - Emissions totales 2013 (tonnes) – Groupes Refroidisseurs à Eau

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	348	348
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	244	708
	R-404A	0	
	R-407C	250	
	R-410A	105	
	R-507	0	
	R-417A	0	
	R-422A	0	
	R-422D	75	
	R-427A	34	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
Autres	R-1234yf	0	11
	R-290	0	
	R-600a	0	
	R-717	11	
	R-744	0	
TOTAL			1 067

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 CO₂

Les émissions du secteur des GRE s'élèvent à 1,9 millions de tonnes d'équivalent CO₂ en 2013, également en baisse de 10 % par rapport à 2012. Les fluides utilisés dans le secteur des chillers ayant des PRP relativement proches, la répartition sectorielle des émissions équivalentes CO₂ est assez similaire à celles des émissions totales, dominée par les chillers de forte puissance à 58 %.

Tableau VIII-10 - Emissions totales en milliers de tonnes équivalentes CO₂ 2013 – Groupes Refroidisseurs à Eau

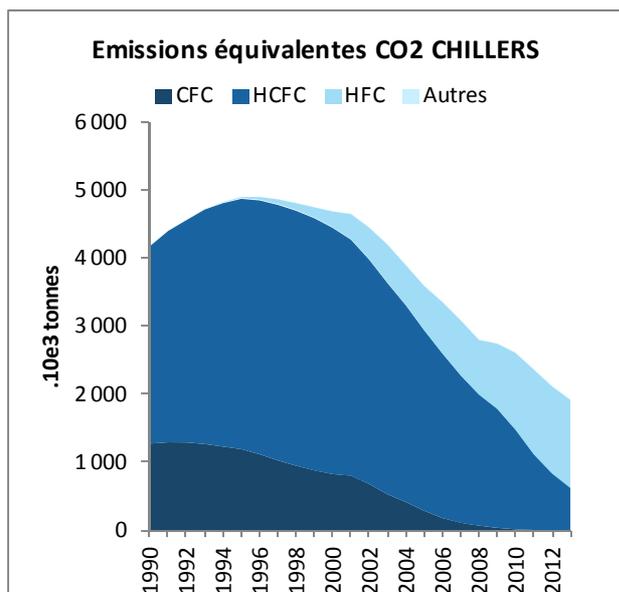


Figure VIII-9 - Evolution des émissions totales en équivalent CO₂ en froid industriel

CFC	R-12	1	1
HCFC	R-22	630	630
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	349	1 291
	R-404A	0	
	R-407C	451	
	R-410A	220	
	R-507	0	
	R-417A	0	
	R-422A	0	
	R-422D	202	
	R-427A	69	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
Autres	R-1234yf	0	0
	R-290	0	
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			1 922

VIII.4.5 – Les quantités récupérées

Les quantités de fluides frigorigènes récupérées sont à nouveau en légère baisse par rapport à 2012, les retrofits d'installations étant moins nombreux qu'en 2010-2011. Les quantités récupérées sont principalement du R-22 (63 %). Le niveau de 570 tonnes peut être sous-estimé, l'efficacité de la filière de récupération gérant les installations classées pouvant être supérieure hypothèses considérées. Ce point sera revu lors des prochains inventaires.

Tableau VIII-11 - Quantités récupérées 2013 (tonnes) – Groupes Refroidisseurs à Eau

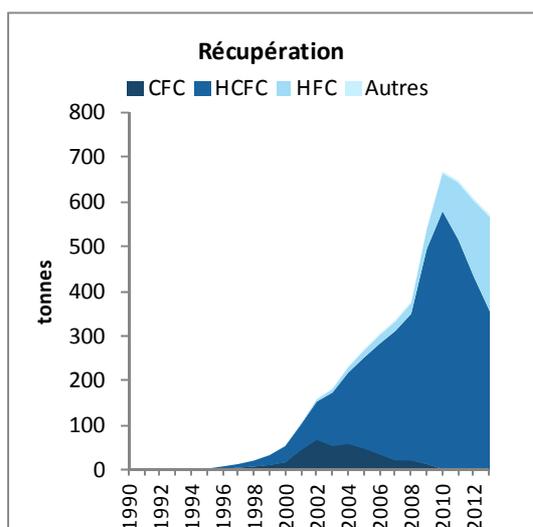


Figure VIII-10 - Evolution des quantités récupérées en froid industriel

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	356	356
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	73	211
	R-404A	0	
	R-407C	52	
	R-410A	3	
	R-507	0	
	R-417A	0	
	R-422A	0	
	R-422D	56	
	R-427A	26	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
R-1234yf	0		
Autres	R-290	0	4
	R-600a	0	
	R-717	4	
	R-744	0	
TOTAL			571

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).

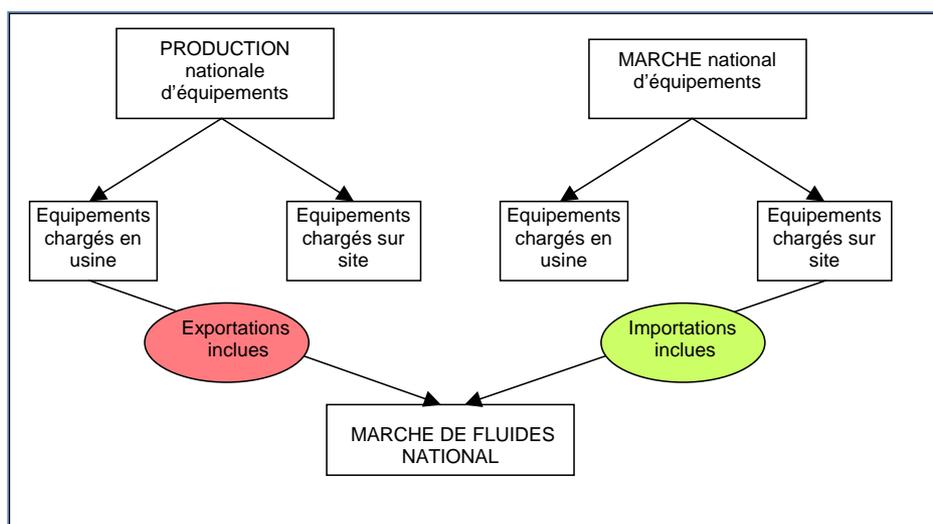


Figure IX-1 – Prise en compte des lieux de charge dans le calcul du marché des fluides frigorigènes, pour le secteur de la climatisation à air

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 2013 en France

IX.3.1 - Le marché

Comme chaque année, les statistiques de marchés publiées par Clim'Info [CLI13] et Uniclimate [UNI13] sont utilisées. 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 sont estimés en fonction des ordres de grandeurs communiqués par Uniclimate mais présentent une forte incertitude. Le Tableau IX-2 récapitule les statistiques de marchés disponibles et les valeurs estimées pour 2013.

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

Marchés	Climatisation individuelle				Climatisation autonome				
	Mobile*	Clim. fenêtre	Split system	Multi split system	DRV	Split et multi split	Roof top	Armoire spéciale	Armoires verticales
2013	70 000	685	272 879	79 295	15 071	3 546	996	1 000	1 206

* 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 2013. 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 2013
Climatiseurs mobiles	6 900	3 200
Climatiseurs fenêtre	2 760	150
Mono split	28 500	17 670
Roof top	4 237	820

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]). Les hypothèses des fluides utilisés en 2013 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 2013

Fluides	2010	2013
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	1 % R-407C, 99 % R-410A
Armoires spéciales	26 % R-407C, 55 % R-410A, 19 % R-134a	1 % R-407C, 99 % R-410A
DRV	25 % R-407C, 57 % R-410A, 18 % R-134a	18 % R-407C, 65 % R-410A, 17 % R-134a
Split et Multi split	5 % R-407C, 95 % R-410A	2 % R-407C, 98 % R-410A
Roof top	27 % R-407C, 73 % R-410A	15 % R-407C, 85 % R-410A
Armoires verticales	1% R-134a 99% R-410A	1% R-134a 99% 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).

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 est 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.

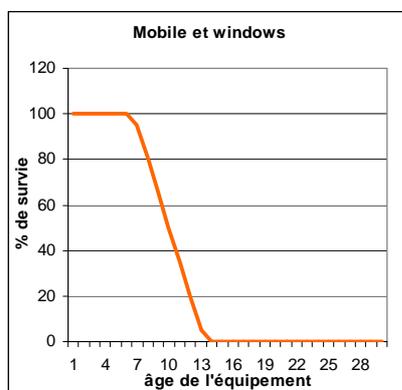


Figure IX-2– Courbe de durée de vie des équipements de type mobile et climatisation fenêtre

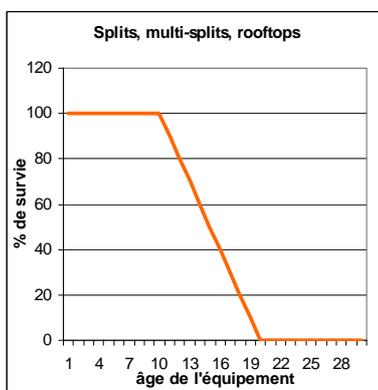


Figure IX-3 – Courbe de durée de vie des équipements de type split, multi split et roof top

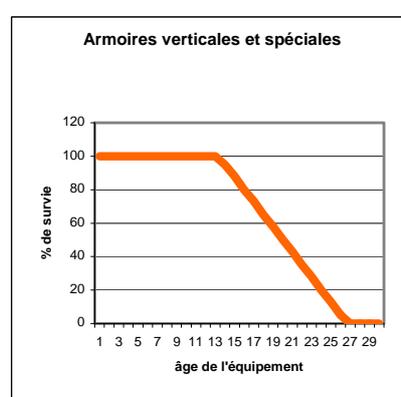


Figure IX-4– Courbe de durée de vie des équipements de type armoire

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.

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

Facteurs d'émissions climatisation à air 2013									
	Mobile	Clim. de fenêtre	Split system	Multi split system	Armoires verticales	DRV	Split et multi split	Roof top	Armoires spéciales
Taux d'émissions	2 %	2 %	4 %	5 %	5 %	10 %	6 %	5 %	6 %
Récupération fin de vie	22 %	17 %	19 %	27 %	22 %	76 %	70 %	77 %	22 %

IX.4 - Résultats de la climatisation à air – Inventaires 2013

IX.4.1 – La banque

La banque des équipements de climatisation à air est en croissance continue, de 3 % par rapport 2012. Elle est estimée à 8 400 t en 2013, dominée par le R-410A à 61 % et, d'un point de vue sectoriel, par la banque des splits (41 %) et des multisplits (22 %).

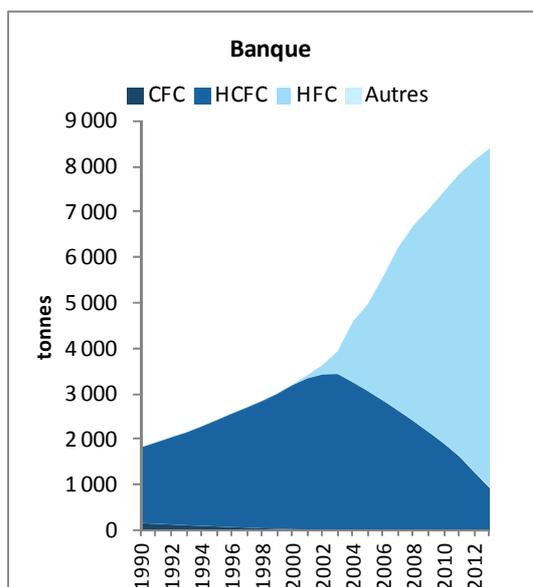


Figure IX-5 - Evolution de la banque de fluides frigorigènes de la climatisation à air

Tableau IX-8 - Banque 2013 (tonnes) – La climatisation à air

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	932	932
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	228	7 471
	R-404A	0	
	R-407C	1 917	
	R-410A	5 128	
	R-507	0	
	R-417A	122	
	R-422A	0	
	R-422D	77	
	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			8 404

IX.4.2 – La demande

La demande totale du secteur de la climatisation à air est évaluée à 1 200 t en 2013 dont plus de la moitié (environ 700 t) utilisée pour la maintenance du parc. Cette demande est oscillante (Figure IX-6), à cause de l'irrégularité de la demande pour la maintenance des équipements.

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 près de 50 %, le R-22 encore utilisé pour la maintenance représentant 14 % de la demande totale.

Le demande pour la maintenance des installations concerne principalement les applications splits (38 %) et multisplits (22%).

Tableau IX-9 - Demande totale 2013 (tonnes) – Climatisation à air

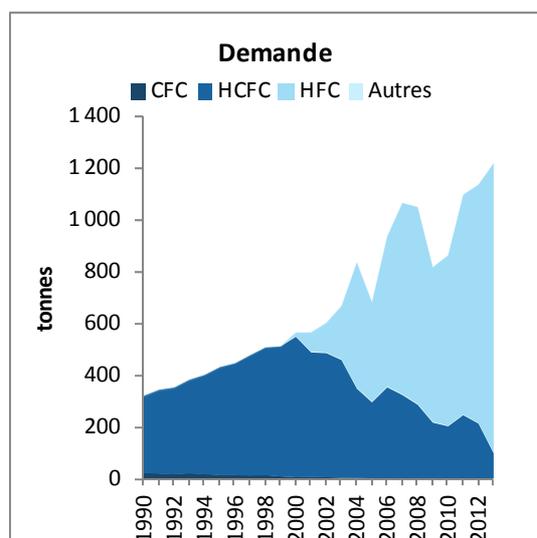


Figure IX-6 – Evolution de la demande totale de fluides frigorigènes pour la climatisation à air.

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	97	97
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	53	1 118
	R-404A	0	
	R-407C	280	
	R-410A	662	
	R-507	0	
	R-417A	39	
	R-422A	0	
	R-422D	84	
	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			1 216

IX.4.3 – Les émissions totales

Les émissions totales du secteur de la climatisation à air sont estimées à 930 t pour 2013, en croissance de 4 % par rapport à 2012 du fait de la croissance du parc d'équipements.

Tableau IX-10 - Emissions totales 2013 (tonnes) – Climatisation à air

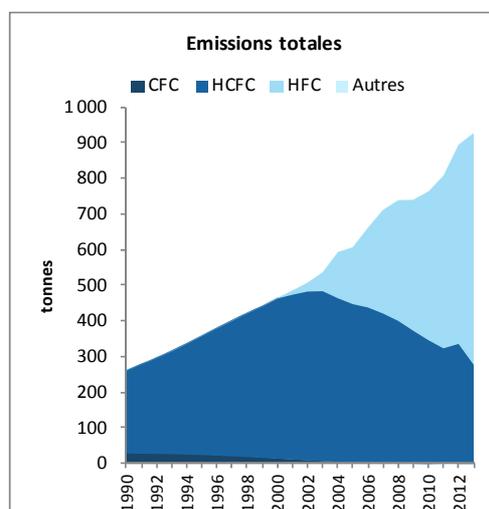


Figure IX-7 - Evolution des émissions totales de fluides frigorigènes des équipements de climatisation à air.

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	278	278
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	27	648
	R-404A	0	
	R-407C	176	
	R-410A	395	
	R-507	0	
	R-417A	27	
	R-422A	0	
	R-422D	24	
	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			927

Les émissions sont désormais dominées par le R-410A, à 43 %. Le parc d'installations au R-22 étant encore conséquent, avec un taux d'émissions plus élevé du fait de l'âge des équipements, les émissions de R-22 représentent encore 30 % du total (Tableau IX-2).

IX.4.4 – Les émissions en équivalent CO₂

En équivalent CO₂, les émissions du secteur de la climatisation à air s'élèvent à 1,8 million de tonnes. Les PRP des fluides utilisés dans ce secteur sont proches, ce qui explique que l'évolution des émissions CO₂ (Figure IX-8) et celle des émissions totales (Figure IX-7) aient la même allure. Les émissions équivalentes CO₂ sont dominées, à l'image des émissions en tonnes, par le R-410A (PRP=2 100 selon le 4^{ème} rapport du GIEC) à 46 %.

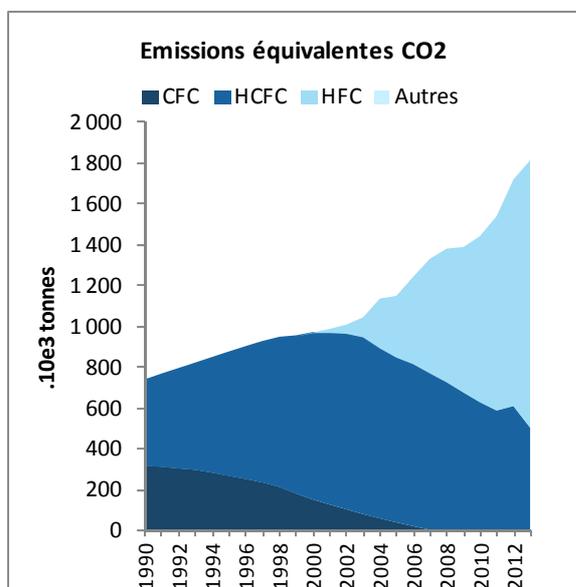


Figure IX-8 - Evolution des émissions totales en équivalent CO₂ de la climatisation à air

Tableau IX-11 - Emissions totales en milliers de tonnes équivalentes CO₂ 2013 – Climatisation à air

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	504	504
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	39	1 310
	R-404A	0	
	R-407C	316	
	R-410A	829	
	R-507	0	
	R-417A	61	
	R-422A	0	
	R-422D	64	
	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			1 814

IX.4.5 – Les quantités récupérées

Le niveau des quantités récupérées est faible, de l'ordre de 170 tonnes en 2013, certaines filières de fins de vie, telle que celle de la climatisation domestique, n'ayant pas encore de bons niveaux de récupération.

La croissance observée Figure IX-9 est liée essentiellement aux retrofits d'équipements de la climatisation tertiaire qui utilisaient des HCFC, notamment les rooftops.

Tableau IX-12 - Quantités récupérées 2013 (tonnes) –
Clim à air.

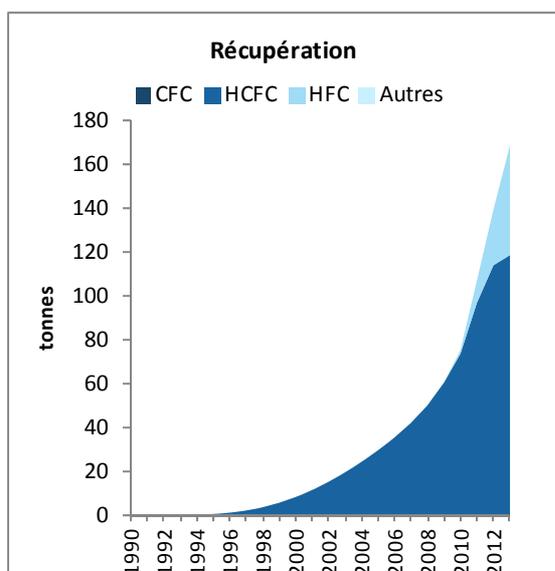


Figure IX-9 - Evolution des quantités récupérées de la climatisation à air

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	118	118
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	2	50
	R-404A	0	
	R-407C	15	
	R-410A	16	
	R-507	0	
	R-417A	13	
	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			168

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 regroupant tous les autres types de PAC en quatre sous-secteurs :

- les PAC air/eau, secteur connaissant le développement le plus grand; ce secteur incluse aussi les PAC Haute Température et les PAC hybrides;
- les PAC eau/eau et eau glycolée/eau
- les PAC sol/eau et les PAC sol/sol qui sont désormais regroupées, présentant des caractéristiques proches et leurs statistiques de marchés n'étant plus différenciées;
- les chauffe-eaux thermodynamiques, nouvelle catégorie introduite dans ces inventaires, du fait de la forte croissance de son marché.

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 chargées 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 2013

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 données 2013 s'appuie sur les données communiquées lors de la 2ème journée de la pompe à chaleur [PAC14] et sont présentées au Tableau X-1.

Tableau X-1 – Marché des PAC résidentielles

PAC	2010	2013
Air/ eau	53 854	53 899
Eau/eau	6 658	3 693
Sol/sol et sol/eau	2 299	1 231
Chauffe-eaux thermodynamiques	20 844	45 950

Faute 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 de marchés de PAC par type de fluide ont été communiquées au CES par Clim Info. Elles ont conduit à des corrections dans l'évolution des fluides utilisés et à montrer l'introduction des premières PAC utilisant des hydrocarbures (propane). Ces tendances ont été prolongées sur 2013. Les chauffe-eaux thermodynamiques utilisent uniquement le R-134a, en système hermétique. Les hypothèses 2013 sont récapitulées au Tableau X-2.

Tableau X-2– Fluides utilisés sur le marché neuf des PAC résidentielles en 2010-2013

Fluides utilisés 2013	R-410A	R-407C	R-134a	R-290
PAC air/eau	90 %	7 %	1 %	2 %
PAC eau/eau	40 %	55 %	5 %	-
PAC sol/eau et PAC sol/sol	40 %	55 %	5 %	-
Chauffe-eaux thermodynamiques	-	-	100 %	-

X.3.3 - La charge moyenne

La charge moyenne des chauffe-eaux thermodynamiques est estimée à 500g. Les autres hypothèses n'ont pas évolué dans le cadre des inventaires 2013 et sont rappelées au Tableau X-3.

Tableau X-3– Charges moyennes des PAC résidentielles

PAC	Air/eau	Eau/eau	Sol/ eau et sol/sol	Chauffe-eaux thermodynamiques
Charge moyenne	3,5 kg	2,5 kg	15 kg	0,5 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.

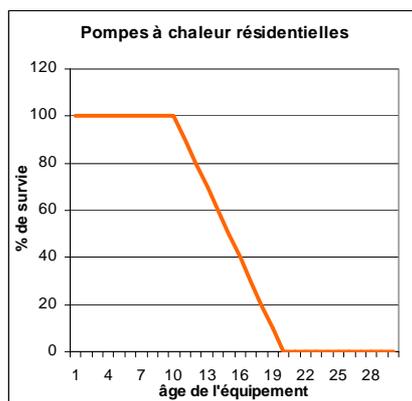


Figure X-1 - Courbe de durée de vie des pompes à chaleur résidentielles

X.3.5 Facteurs d'émissions

Les taux d'émissions associés aux PAC sont faibles, ceux des chauffe-eaux thermodynamiques sont nuls aux accidents près, les systèmes étant hermétiques. Les valeurs sont 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	Air/eau et Eau/eau	Sol/eau et sol/sol	Chauffe eaux thermodynamiques
Taux d'émissions 2013	2 %	5 %	0,01 %
Efficacité de récupération 2013	30 %	30 %	30 %

X.4 Résultats des PAC – Inventaires 2013

X.4.1 – La banque

La banque des PAC est en croissance régulière, de 7% par rapport à 2012, et estimée à 3 200 t en 2013. Elle représente actuellement 5 % de la banque totale de fluides frigorigènes en France.

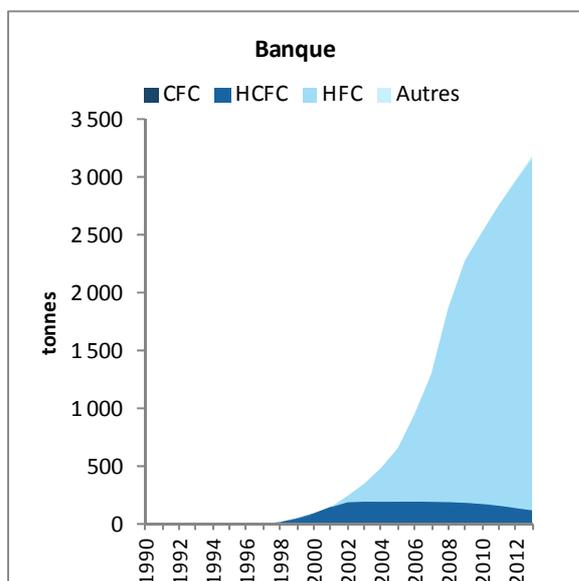


Figure X-2 - Evolution de la banque de fluides frigorigènes des PAC

Tableau X-5 - Banque 2013 (tonnes) – PAC

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	126	126
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	214	3 040
	R-404A	0	
	R-407C	1 048	
	R-410A	1 718	
	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	15	15
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			3 181

Le secteur des chauffe-eaux thermodynamiques, introduit pour ces inventaires, n'augmente la banque de ce secteur que de 2 %. Elle reste dominée par le R-410A à 54 %.

X.4.2 – La demande

Après la forte croissance du marché sur 2005-2008, la demande totale est plus faible, mais croissante par rapport à 2012. Son niveau est à confirmer, les données de production d'équipement n'étant pas précisément connues.

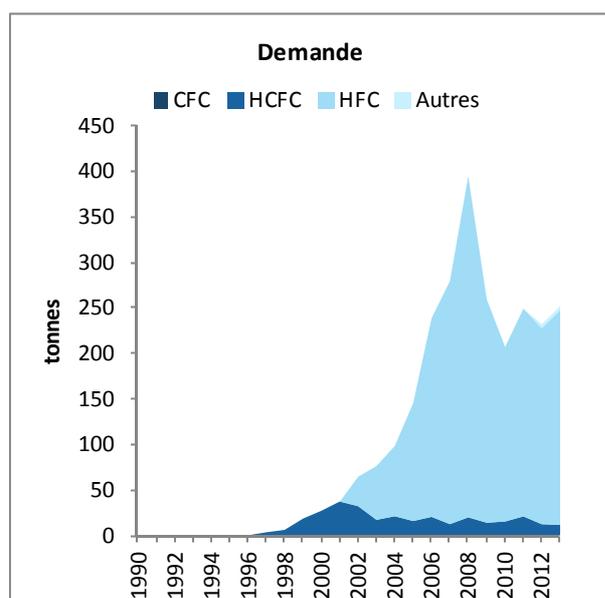


Figure X-3 – Evolution de la demande totale de fluides frigorigènes pour les PAC

Tableau X-6 - Demande totale 2013 (tonnes) – PAC

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	11	11
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	25	235
	R-404A	0	
	R-407C	81	
	R-410A	129	
	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	4	4
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			251

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 estimée à 110 t en 2013.

X.4.3 – Les émissions totales

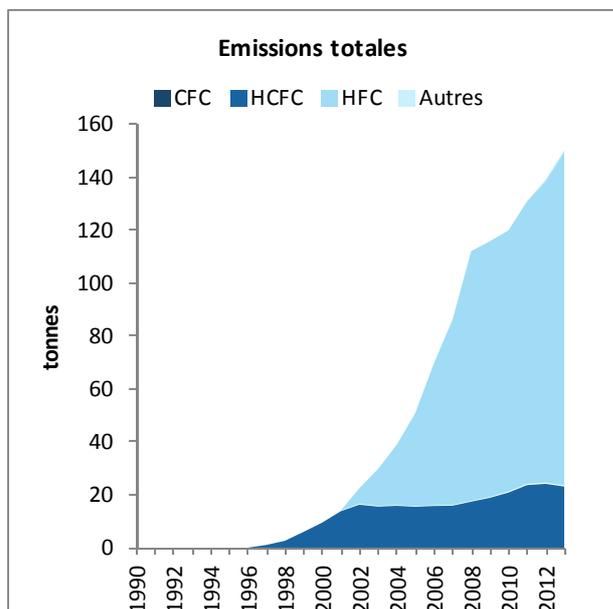


Figure X-4 - Evolution des émissions totales de fluides frigorigènes du secteur PAC

Tableau X-7 - Emissions totales 2013 (tonnes) – PAC

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	23	23
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	8	126
	R-404A	0	
	R-407C	63	
	R-410A	54	
	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	1	1
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			150

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 2013. Les émissions présentées Figure X-4 sont donc essentiellement des émissions fugitives (74 %), ce qui explique que le niveau soit bas, les taux d'émissions étant faibles.

X.4.4 – Les émissions en équivalent CO2

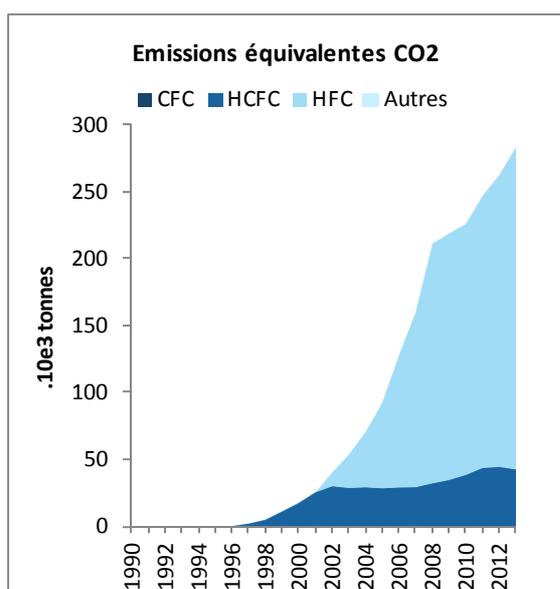


Figure X-5 - Evolution des émissions totales en équivalent CO₂ secteur PAC

Tableau X-8 - Emissions totales en milliers de tonnes équivalentes CO₂ 2013 – PAC

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	42	42
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	11	241
	R-404A	0	
	R-407C	113	
	R-410A	114	
	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			284

L'impact du secteur des PAC sur les émissions CO₂ équivalentes est faible, de seulement 0,28 million de tonnes, peu d'équipements étant parvenus en fin de vie.

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, de l'ordre de 10 t en 2013.

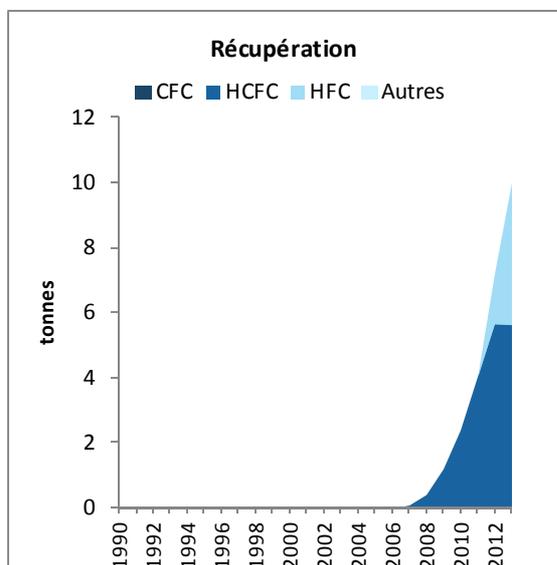


Figure X-6 - Evolution des quantités récupérées dans le secteur PAC

Tableau X-9 - Quantités récupérées 2013 (tonnes) – PAC

CFC	R-12	0	0		
HCFC	R-22	6	6		
	R-408A	0			
	R-401A	0			
	R-134a	0			
HFC	R-404A	0	4		
	R-407C	4			
	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			10		

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 3.

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, assimilés à ceux des véhicules
- les taux de climatisation des véhicules produits et mis sur le marché
- 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.

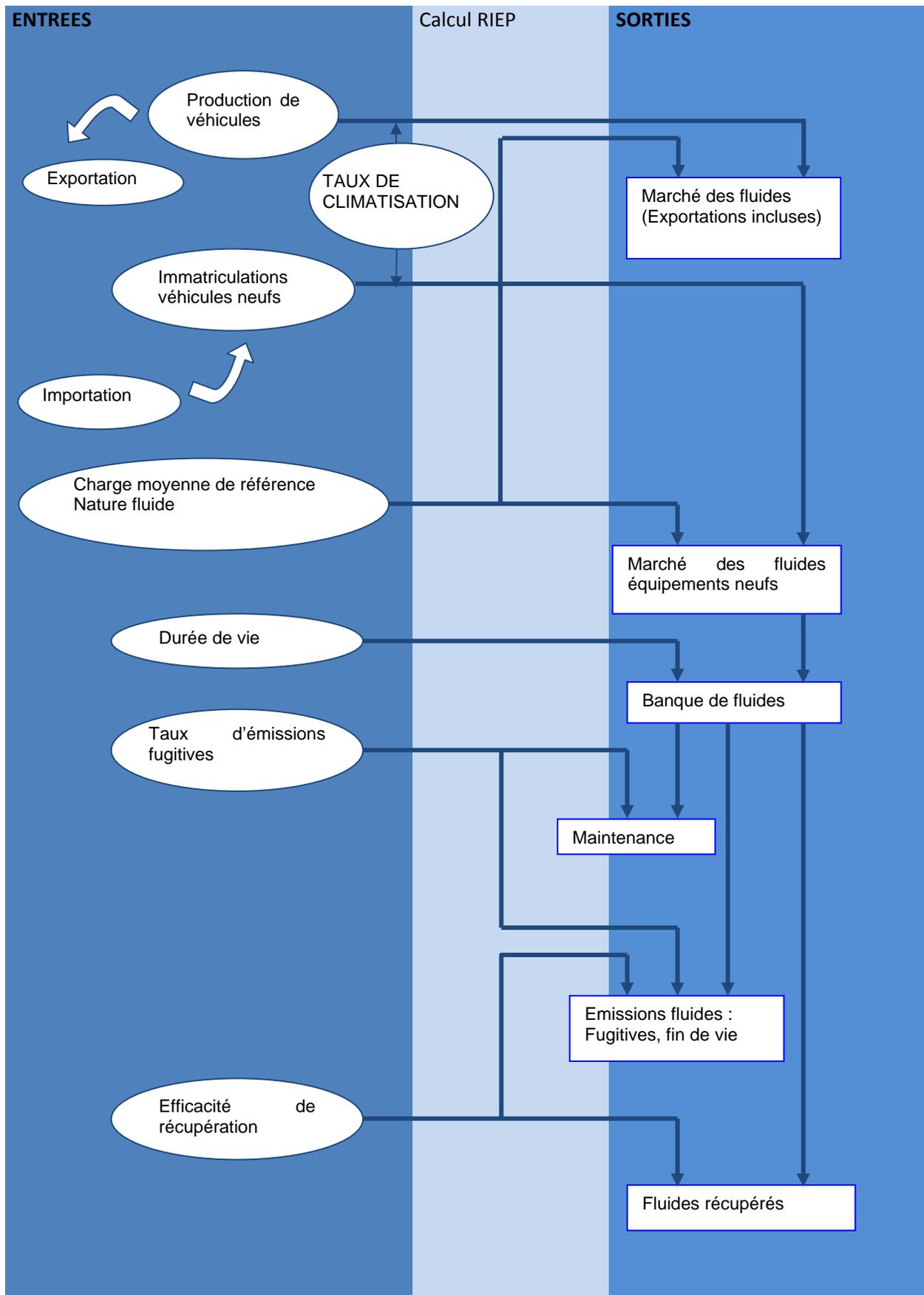


Figure XI-1– Organigramme de la méthode utilisée pour le secteur de la climatisation embarquée

XI.3 La climatisation embarquée en France en 2013

XI.3.1 La production et le marché

Chaque année, les données publiées par le CCFA, Comité des Constructeurs Français d'Automobiles [CCF14] et l'OICA, Organisation Internationale des Constructeurs Automobiles, [OIC14] sont utilisées pour la mise à jour des statistiques de marchés et productions de véhicules. Cependant, pour l'année 2013, l'OICA n'a pas communiqué d'informations concernant les productions de bus et de véhicules industriels. Elles ont été estimées par rapport au marché en supposant que le ratio entre marché et production était identique à l'an dernier. Les données présentées Tableau XI-1 et Tableau XI-2 correspondent à l'ensemble des véhicules produits et immatriculés, sans distinction de climatisation.

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
2013	1 740 220	33 470	3 135

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
2013	2 157 787	43 265	6 321

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 94,5 % en 2013.

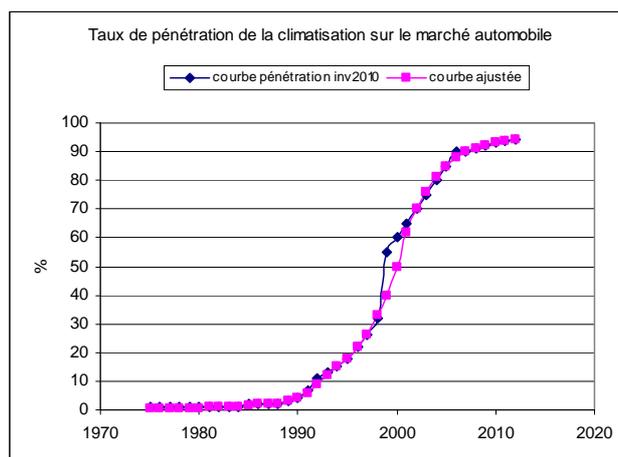


Figure XI-2 – Lissage de la courbe de pénétration de la climatisation sur le marché automobile

Pour les trains, le taux de climatisation est de 100 % du marché neuf. L'évolution du parc des trains climatisés a été réactualisée à la suite d'un bilan sur l'état du parc de la SNCF [PAS14].

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 2013.

Les tramways ont été introduits en appliquant la même méthode de calcul que pour les trains et en utilisant les données fournies par la SNCF [PAS15]. La structure "classique" d'une rame de tramway, en termes de systèmes de climatisation associés, est schématisée Figure XI-3.

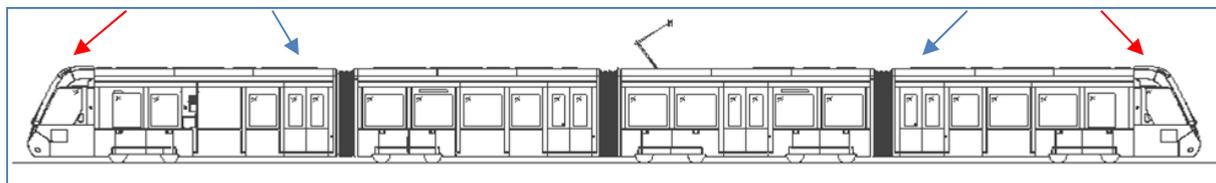


Figure XI-3 - Répartition des systèmes de climatisation sur une rame de tramways.

Les tramways en France sont généralement construits sur la plateforme CITADIS de chez Alstom. Les Citadis ont une climatisation par cabine et une pour 2 remorques (sur le schéma, flèches rouges pour les climatisations cabine et bleues pour les groupes voyageurs), avec au total généralement 5 remorques.

Les tramways sont recensés en termes de nombres de rames. Le marché est reconstitué à partir des statistiques disponibles sur l'évolution du parc. Le CEREMA [TRE15] nous a communiqué l'évolution du parc de tramway par ville à partir de 1995 et les parcs d'Ile de France pour 2011 et 2014. Ces données concordent avec celles publiées dans l'annuaire statistique des transports collectifs urbains [CER13]. Le parc total 2013 est estimé à 1 163 rames. L'historique a été reconstitué en considérant que le 1er tramway "moderne" a été introduit à Nantes en 1992 et le renouvellement du tramway d'Ile de France date de 1995 (Bobigny) [HIS15]. Une courbe de pénétration "en S" de la climatisation sur le marché est prise en compte en considérant une introduction de la climatisation en 1992 et un taux de pénétration de 95 % en 2013.

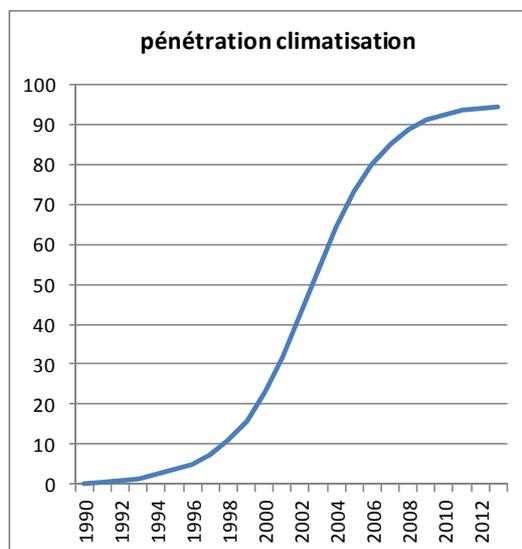


Figure XI-4 - Courbe de pénétration de la climatisation sur le marché neuf des tramways

Un renouvellement des équipements tous les 15 ans est pris en compte dans l'évaluation du marché.

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. L'introduction du R-1234yf sur les nouvelles plateformes de production automobile qui devait débuter en 2011 est plus lente que prévue. Elle est cependant amorcée, avec 3 millions de véhicules sur le marché mondial en 2014 [DUP14]. Le niveau de la production française utilisant le R-1234yf est estimé à 5 %, à confirmer.

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. Globalement, selon la SNCF, la banque est constituée, en 2013, à 50 % de R-134a et 50 % de R-407C. Le R-407C a aussi été utilisé pour les retrofits d'équipement au R-22. Fin 2013, il n'y a plus de R-22 dans les installations de la SNCF [PAS14].

Dans les tramways, deux types de groupes de climatisation sont possibles: les groupes de cabine de marques Soprano, Faiveley ou King (Shijiazhuang king transportation equipment) utilisent une charge d'environ 1,3 kg de R-134a; les groupes voyageurs de marques Soprano ou Thermoking utilisent une charge d'environ 10,5 kg de R-407C. Faute de données sur l'historique, dans un premier temps, les fluides pris en compte sont ceux utilisés sur les systèmes neufs: le R-134a et le R-407C, dans la proportion de 11 et 89 %, étant donnée la répartition des groupes par rame (Figure XI-3).

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 [VAL14]. La charge moyenne des véhicules neufs continue de décroître.

Tableau XI-3– Charges moyennes

Charges (kg)	Climatisation automobile	Véhicules Industriels	Cars et bus	Trains	Tramways
2010	0,54	0,77	12,1	10,9	23,6
2013	0,5	0,74	10	10	23,6

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. Pour les bus et VI, une tendance à la décroissance des charges est prise en compte, faute d'information plus précise. Dans les tramways, la description de la configuration type donnée par la SNCF conduit à estimer la charge globale moyenne par rame à 23,6 kg; elle est supposée constante dans un premier temps

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 %.

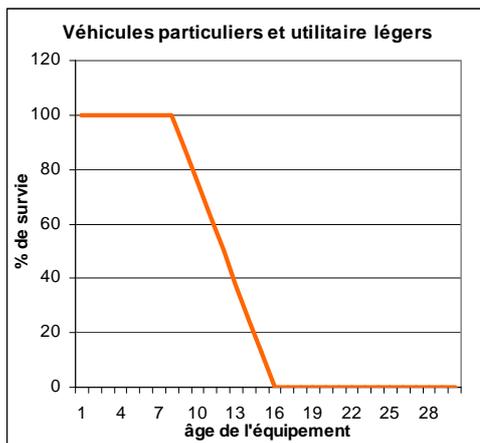


Figure XI-5– Courbe de durée de vie des véhicules particuliers et utilitaires légers ainsi que véhicules industriels

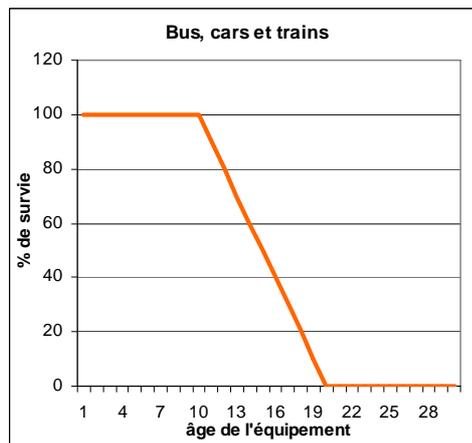


Figure XI-6– Courbe de durée de vie des cars et bus et des trains

On suppose la durée de vie des systèmes équipant les tramways équivalente à celles des trains, de 15 ans.

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.3.5L'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'informations sont disponibles étant donné que la plateforme déclarative "Syderep" de l'ADEME ne suit pas les quantités de fluides frigorigènes récupérées lors de la dépollution des véhicules. Cependant, plus d'un million de véhicules sont réceptionnés annuellement par des centres VHU agréés qui ont l'obligation réglementaire de récupérer le fluide frigorigène des circuits de climatisation. Aussi, une amélioration de l'efficacité de récupération en fin de vie des véhicules est prise en compte selon le début d'une courbe en S (Tableau XI-5). Son niveau pourra être corrigé si le suivi des quantités récupérées est mis en place par l'ADEME.

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 %
2013	7 %	2 %	2 %	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 2013. 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 %
2013	80 %	65 %	67 %	95 %

XI.3.6 Le taux d'émissions

Les niveaux d'émissions caractérisant les véhicules neufs sont maintenus en 2013, 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 2010-2013.

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)
2013	25 g/an	35 g/an	14%	5 %

XI.3.7 Perspectives

Dans ce secteur trois points sont en cours d'amélioration, étant donnés les écarts observés entre le marché déclaré et la demande calculée de R-134a:

- une évaluation du marché de fluide dédié à la maintenance des installations, en collaboration avec l'OFF de l'ADEME;
- la comparaison des marchés et productions d'équipements par rapport aux marchés et productions de véhicules qui sont les seules données disponibles;
- l'intégration d'autres types de véhicules climatisés: la prise en compte des tramways notamment, vingt huit villes étant équipées de tramways neufs, le plus souvent climatisés.

XI.4 Résultats climatisation embarquée – Inventaires 2013 France métropole

XI.4.1 – La banque

La banque de la climatisation embarquée est stable en 2013 (+0,2%). Elle est estimée à 15 900 t en, constituée quasi exclusivement de R-134a, la banque de CFC étant éliminée depuis 2006. Une faible banque de R-1234yf apparaît traduisant la mise sur le marché des premiers véhicules utilisant ce HFO.

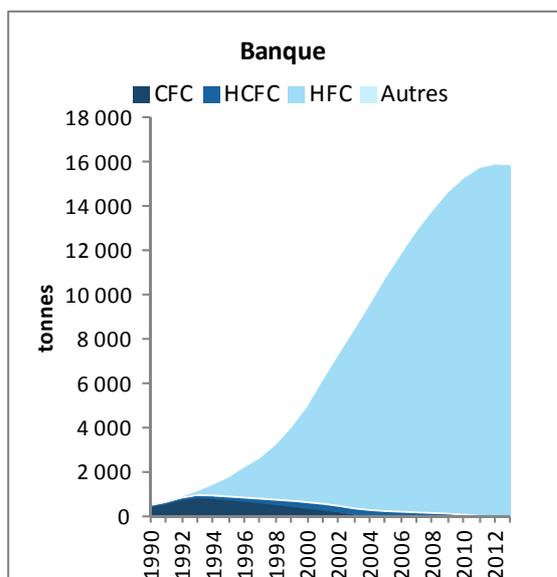


Figure XI-7 - Evolution de la banque de fluides frigorigènes de la climatisation embarquée

Tableau XI-8 - Banque 2013 (tonnes) – Climatisation embarquée

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	14	14
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	15 652	15 858
	R-404A	0	
	R-407C	147	
	R-410A	0	
	R-507	0	
	R-417A	3	
	R-422A	0	
	R-422D	0	
	R-427A	0	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
Autres	R-1234yf	56	0
	R-290	0	
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			15 872

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) liée à la diminution de la demande pour la maintenance du parc, depuis la mise sur le marché de véhicules équipés de systèmes de climatisation aux taux de fuite très bas, à partir de 2004. L'impact est nettement visible à partir de 2009.

Le niveau de la demande totale 2013 est un peu en baisse après la période de stabilité de 2009-2012, évaluée à 1 650 t étant donné une baisse de la production des véhicules particuliers.

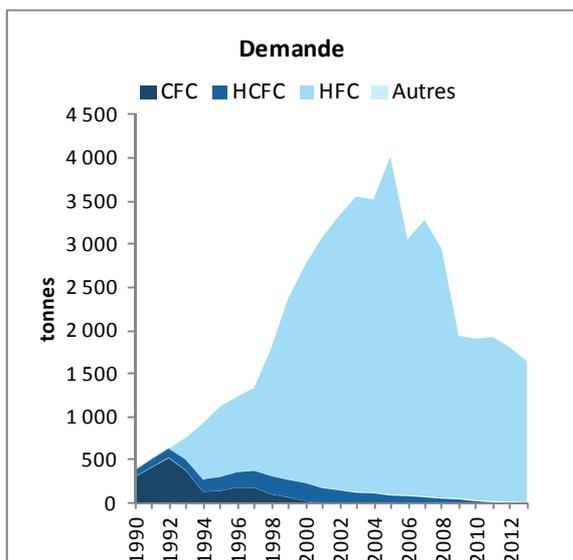


Figure XI-8 – Evolution de la demande totale de fluides frigorigènes en climatisation embarquée

Tableau XI-9 - Demande totale 2013 (tonnes) – Climatisation embarquée

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	8	8
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	1 558	1 634
	R-404A	0	
	R-407C	25	
	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	49	0
	R-290	0	
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			1 642

XI.4.3 – Les émissions totales

Les émissions sont en légère décroissance depuis 2008, estimées à 2 050 t en 2013, le parc étant renouvelé et de moins en moins émissif. Les émissions en fin de vie des équipements ne constituent que 21 % des émissions totales, une partie des équipements y parvenant vide ou faiblement chargée.

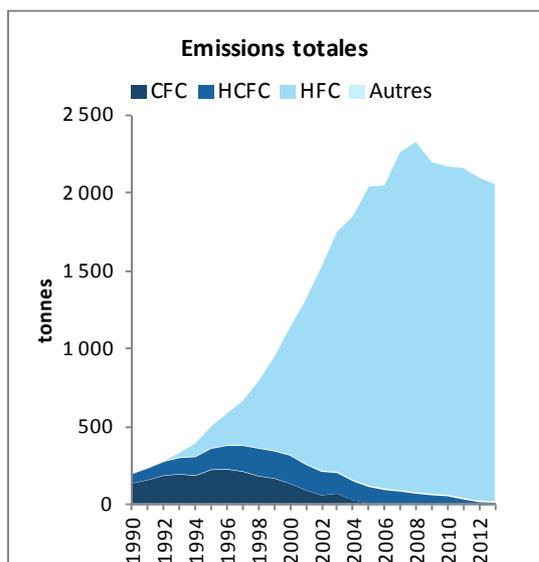


Figure XI-9 - Evolution des émissions totales de fluides frigorigènes en Climatisation embarquée

Tableau XI-10 - Emissions totales 2013 (tonnes) – Climatisation embarquée

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	15	15
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	2 008	2 039
	R-404A	0	
	R-407C	22	
	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	6	0
	R-290	0	
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			2 053

XI.4.4 – Les émissions en équivalent CO₂

Malgré l'éradication du parc de véhicules aux CFC, la croissance du parc de véhicules climatisés conduit le secteur de la climatisation embarquée au niveau de 2,9 millions de tonnes de CO₂ ce qui constitue, en 2013, 16 % des émissions de fluides frigorigènes de la France métropole en équivalent

CO₂. Ces émissions sont évaluées selon les PRP donnés par le 4ème rapport du GIEC qui ré-estime le PRP du R-134a à une valeur de 10 % supérieure à celle du 2ème rapport d'évaluation.

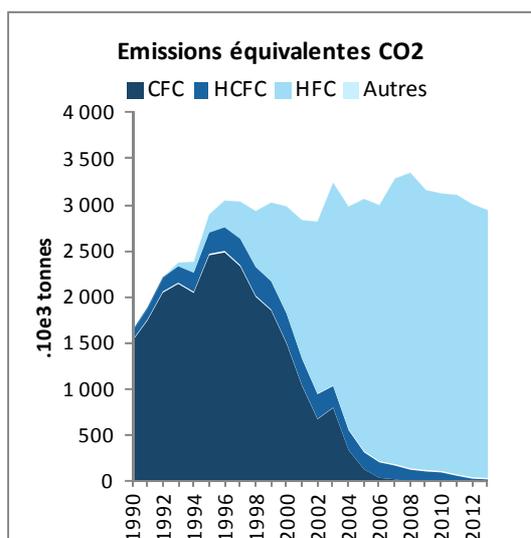


Figure XI-10 - Evolution des émissions totales en équivalent CO₂ en Climatisation embarquée

Tableau XI-11 - Emissions totales en milliers de tonnes équivalentes CO₂ 2013 – Climatisation embarquée

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	26	26
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	2871	2 917
	R-404A	0	
	R-407C	40	
	R-410A	0	
	R-507	0	
	R-417A	5	
	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			2 943

Etant donné la taille du parc national et les niveaux d'émissions peu élevés, les émissions du sous-secteur des tramways ne s'élèvent qu'à quelques tonnes en 2013 et sont équivalentes à 2 900 t de CO₂ soit moins de 0,1 % des émissions du secteur de la climatisation embarquée.

XI.4.5 – Les quantités récupérées

Les quantités récupérées en fin de vie des équipements sont faibles, les résultats de la filière VHU n'étant pas encore connus et son efficacité pouvant être sous-estimée dans les hypothèses de calcul actuelles.

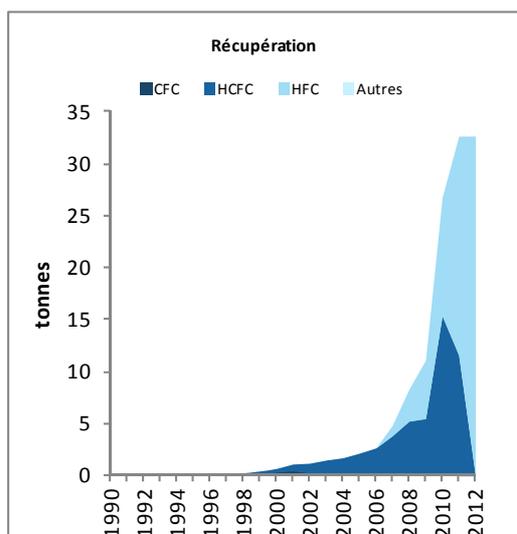


Figure XI-11 - Evolution des quantités récupérées en Climatisation embarquée

Tableau XI-12 - Quantités récupérées (tonnes) 2013 – Climatisation embarquée

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	0	0
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	33	44
	R-404A	0	
	R-407C	11	
	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			44

REFERENCES

- [BAR 11] Barrault, S., Clodic, D., CEP MINES-ParisTech. Rapport final - Inventaires DOM COM pour l'année 2010. Novembre 2011.
- [BAR13] Barrault, S., CES MINES-ParisTech, , Clodic, D., EReIE. Rapport final - Inventaires d'émissions de fluides frigorigènes, France métropole et DOM COM, pour l'année 2012. Décembre 2013.
- [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.
- [OFF14] Fluides Frigorigènes Fluorés, ADEME, Collection Repères. Données 2013. Septembre 2014. Synthèse de rapport de l'Observatoire des Fluides Frigorigènes. Réalisé par BIO Intelligence Service S.A.S. pour le compte de l'ADEME.
- [ROY13] Fluides frigorigènes : Statistiques consommation / Récupération / Destruction. Communication de Philippe Roy, SNEFCCA pour le CES, Octobre 2014.
- [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
- [FAN14] Communication chiffres provisoires 2013 de la filière DEEE, Erwan Fangeat ADEME, Octobre 2014.
- [GIF14] Site internet du GIFAM (www.gifam.fr).

Références froid commercial

- [CGA12] Site de la Confédération Générale de l'Alimentation en Détail www.cgad.fr
- [CLO12] Clodic, Denis. Commercial Refrigeration - refrigerant choices. CCAC - 8th December 2013.
- [DRI13] L'essentiel des stratégies drive des enseignes. Drive Insights, présentations Octobre 2013 et Juillet 2013.
- [GRO12] Communications d'Alexandra Grotto et Jean-Michel Deroo pour le groupe Auchan, 2013-2013.
- [INS13] INSEE, Base Permanente des Equipements.
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
- [THE14] Les Chiffres clés 2013 de la distribution. Themavision.

- http://www.themavision.fr/jcms/rw_407532/distribution-les-chiffres-clefs-2013?hlText=distribution%3A+les+chiffres+2013&portal=c_224282&cid=c_192389
- [OPC12] Etudes et panoramas de l'Observatoire Prospectif du Commerce.
<http://www.opcommerce.org/ForcoCms/Etudes/panoramas.aspx>
- [PHI13] Entretiens avec Bernard Philippe, Réfrigération Industrielle, JCI (Jonhson Controls Industries), 2013.

Références Transports Frigorifiques

- [CAR13] www.carcoserco.org
- [CON08] http://www.containerhandbuch.de/chb_e/wild/index.html
- [MIC13] Inventaire des productions d'engins autonomes de non autonomes 2013. 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] Entretiens JP.Stumpf, Carrier, 2011-2013.
- [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
- [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.
- [CFP13] Rapport d'activité 2013 du CFCP (Centre Français du Caoutchouc et des Polymères).
- [COC10] <http://cocacolatpe.e-monsite.com/rubrique,coca-cola-en-chiffres,171566.html>
- [FAO13] Banque de données statistiques FAO (Food Agriculture Organization) sur 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, Jonhson 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.

Inventaire des émissions de fluides frigorigènes, France et DOM COM, année 2013
Rapport final, Février 2015. S. Barrault, D. Clodic

- [DUP13] Communications de G.N.Dupré, Uniclimate, pour le CES, 2013-2013.
[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.
[ROB13] Communications d'Olivier Robert pour le groupe Climafort, 2008-2013.

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 commerciale. Les chiffres du marché français de janvier à décembre 2013. PAC & Clim'Info. Réunion du 6 février 2013.
[CON13] Climatisation de Confort, année 2013. Extrait de la base de données PAC&Clim'info pour le CES, 2013.
[UNI13] Bilan 2013 et perspectives 2013 du génie climatique. Dossier de presse. Uniclimate. 29 Mars 2013.

Références PAC

- [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.
[PAC14] 2ème journée de la pompe à chaleur, AFPAC et Uniclimate, 12 Février 2014.

Références climatisation embarquée

- [CCF14] Site du Comité des Constructeurs Français d'Automobiles : www.cffa.fr
[CER13] L'annuaire statistique des transports collectifs urbains. Evolution 2007-2012. Certu. Les données. Direction générale des Infrastructures des Transports et de la Mer.
[DUP14] <http://www.supplierbusiness.com/news/27991/duPont-expects-rapid-transition-to-new-hfo-1234yf-refrigerant-in-vehicle-air-conditioning->
[HIS15] Histoire du tramway.
<http://www.linternaute.com/savoir/grands-chantiers/06/dossier/tramway-paris/rappel-histoire.shtml>
[LEG11] Communication de Michel Legros, Atelier Climatisation de la RATP pour le CEP, 2011.
[OIC14] Organisation Internationale des Constructeurs Automobiles (OICA) : www.oica.net
[PAS14] Données confidentielles de la SNCF sur l'état du parc. Communication confidentielle pour le CES, Gianni PASCOLO, Pôle ingénierie climatisation, Technicentre de Périgueux, SNCF, 2014.
[PAS15] Communication de G.Pascolo pour le CES, 2015.
[PER11] Communications de Georges Perez, AFPAC, 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'Ecologie, du Développement durable, des transports et du logement.
[TRE15] Communication d'Isabelle Trève du CEREMA pour le CES, 2015.
[VAL13] Fichier 2013-2013 « Fluide Réfrigérant » www.valeoservice.com

XII. ANNEXES

Annexe 1 – PRP (Potentiel de Réchauffement Planétaire) ou GWP (Global Warming Potential) selon les 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} Rapports d'évaluation du GIEC

Type	Nom	Formule	PRP		
			2 nd	3 rd	4 th
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 ₃	R-717		0	0	<1
CO ₂	R-744		1	1	1

Pour la déclaration des émissions de la France à l'UNFCCC, depuis les inventaires 2013, les PRP donnés par le 4^{ème} rapport d'évaluation du GIEC font référence et sont utilisés dans le calcul.

Annexe 2 : Détermination de la charge des équipements agroalimentaire

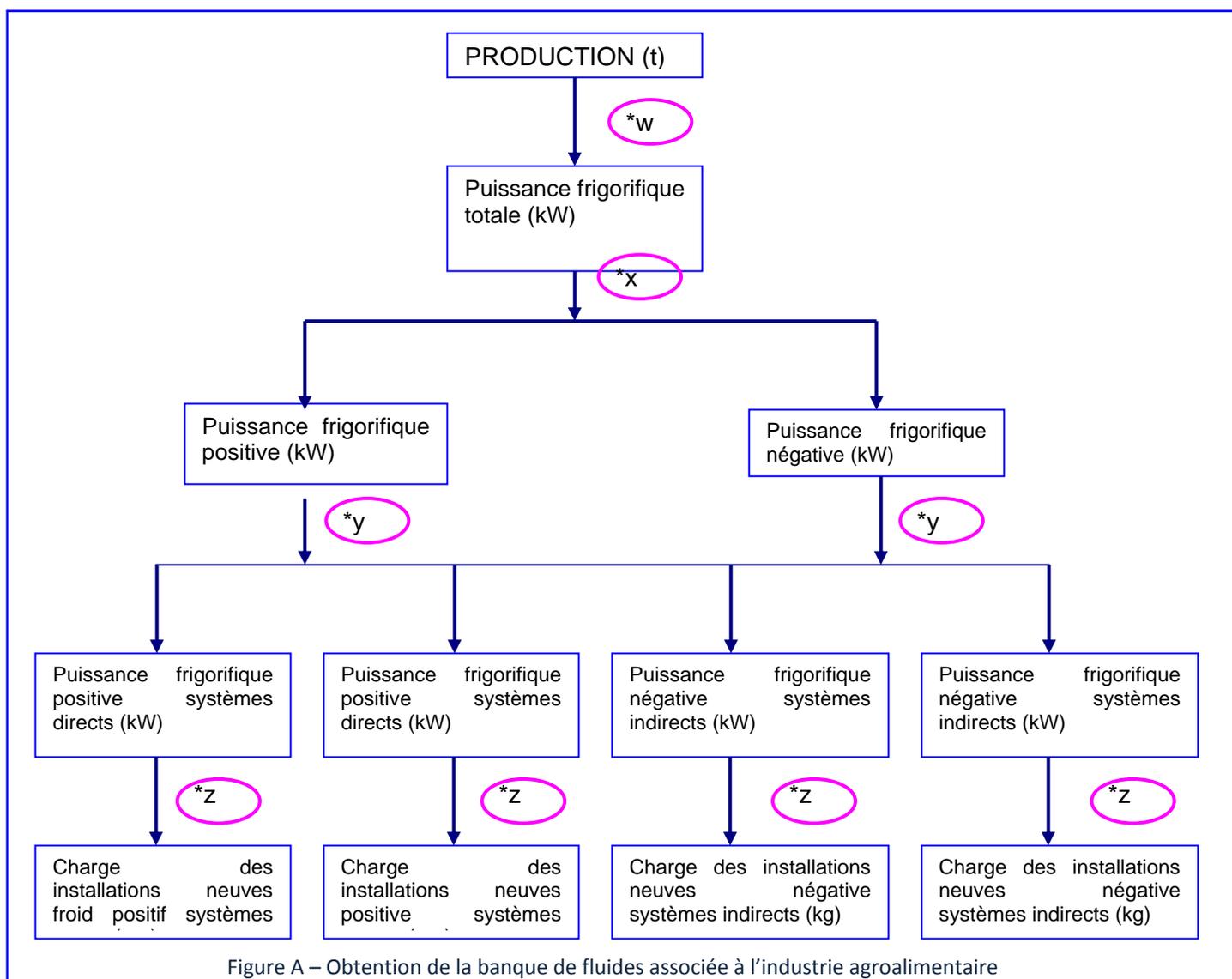
Dans l'agroalimentaire quatre ratios caractéristiques sont nécessaires pour reconstituer la charge globale à partir de la production annuelle.

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 (%)
$TER_{m,0}$	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.

Contacts

Stéphanie Barrault

01 69 19 42 41

stephanie.barrault@mines-paristech.fr

<http://www.ces.mines-paristech.fr/Themes-de-recherche/PolEnerg/>