



Centre Efficacité énergétique des Systèmes

Inventaires des Emissions des fluides frigorigènes FRANCE et DOM COM Année 2014

Stéphanie BARRAULT CES MINES-ParisTech, ARMINES

Denis CLODIC, EReIE

Février 2016

Table des matières

I. SYNTHÈSE	6
Résultats 2014	7
Synthèses des hypothèses 2014	14
II. Rappel de la méthode générale de calcul	23
III. RESULTATS GLOBAUX	27
III.1 - Introduction	27
III.2 - Analyse du marché des fluides frigorigènes	27
III.2.1 - Résultats 2014 de la demande totale calculée	27
III.2.2 - Répartition sectorielle de la demande des fluides frigorigènes	29
III.2.3 - Vérification croisée des déclarations de marchés de fluides frigorigènes et de la demande calculée par RIEP.....	29
III.3 – Résultats complets inventaires 2014 métropole	37
III.3.1 - Demande en fluides frigorigènes pour les équipements neufs	37
III.3.2 - Demande en fluides frigorigènes pour le retrofit des installations.....	39
III.3.3 - Demande en fluides frigorigènes pour la maintenance des installations.....	39
III.3.4 - Banque des fluides frigorigènes	41
III.3.5 - Emissions des fluides frigorigènes	43
III.3.6 - Emissions équivalentes CO ₂ des fluides frigorigènes.....	45
III.3.7 - Récupération des fluides frigorigènes.....	47
III.4 – Résultats globaux inventaires 2014 DOM COM.....	49
III.4.1 - Demande totale en fluides frigorigènes dans les DOM COM	49
III.4.2 - Banque de fluides frigorigènes dans les DOM COM.....	50
III.4.3 - Emissions totales de fluides frigorigènes dans les DOM COM	51
III.4.4 - Emissions CO ₂ équivalentes de fluides frigorigènes dans les DOM COM.....	52
III.4.5 - Quantités de fluides frigorigènes récupérées dans les DOM COM	53
IV. LE FROID DOMESTIQUE	54
IV.1 - Méthode de calcul	54
IV.2 - Le froid domestique en France en 2014	56
IV.2.1 - Contexte	56
IV.2.2 - La production	56
IV.2.3 - Les ventes	56
IV.2.4 - Les fluides utilisés	56
IV.2.5 - Evaluation de la charge	57
IV.2.6 - La durée de vie	57
IV.2.7 - Niveau d'émissions fugitives	57
IV.2.8 - L'efficacité de récupération en fin de vie des équipements	57
IV.3 - Résultats Froid domestique Inventaires métropole 2014	58
IV.3.1. La banque	58
IV.3.2. La demande	59
IV.3.3. Les émissions totales	59
IV.3.4. Les émissions en équivalent CO ₂	60
IV.3.5. Les quantités récupérées	60
V. LE FROID COMMERCIAL	61
V.1 - Méthode de calcul et hypothèses	61
V.1.1. Structuration du secteur	61
IV.1.2. Résumé de la méthode.....	61
V.2. Le froid commercial en France en 2014	64
IV.2.1. Evolution du parc.....	64
V.2.3. Hypothèses concernant les fluides utilisés et les structures d'installations.....	65
V.2.4. Courbes de durée de vie	66
V.2.5. Ratios de charge.....	67
V.2.6. Taux d'émissions	68
V.2.7. Efficacité de récupération.....	69
V.3 - Résultats Froid commercial Inventaires 2014 France métropole	69
V.3.1 – La banque	69

V.3.2 – La demande	70
V.3.3 – Les émissions totales	70
V.3.4 – Les émissions en équivalent CO ₂	71
V.3.5 – Les quantités récupérées.....	72
VI. LES TRANSPORTS FRIGORIFIQUES.....	73
VI.1- Structuration du secteur	73
VI.2- Méthode de calcul et données nécessaires	73
VI.3 Le transport frigorifique en France en 2014	75
VI.3.1 Statistiques disponibles transport routier.....	75
VI.3.2. Statistiques disponibles transport maritime	76
VI.3.3 Fluides utilisés	76
VI.3.4 Charges de référence	77
VI.3.5 Durée de vie	77
VI.3.6 Taux d'émissions fugitives.....	78
VI.3.7 Efficacité de récupération.....	78
VI.4 Résultats Transports Frigorifiques – Inventaires métropole 2014	78
VI.4.1 – La banque.....	78
VI.4.2 – La demande	79
VI.4.3 – Les émissions totales	80
VI.4.4 – Les émissions en équivalent CO ₂	80
VI.4.5 – Les quantités récupérées	81
VII. LE FROID INDUSTRIEL	82
VII.1 Structuration du secteur	82
VII.2 Données nécessaires au calcul	82
VII.3 Données Industries en France métropole en 2014	84
VII.3.1 Production française ou parc.....	84
VII.3.2 Fluides utilisés	85
VII.3.3 Ratios ou charges	87
VII.3.4 Les courbes de durée de vie.....	88
VII.3.5 Les taux d'émissions.....	88
VII.3.6 L'efficacité de récupération	89
VII.4 Résultats Froid Industriel Inventaires 2014	89
VII.4.1 – La banque	89
VII.4.2 – La demande.....	90
VII.4.3 – Les émissions totales	91
VII.4.4 – Les émissions en équivalent CO ₂	91
VII.4.5 – Les quantités récupérées	92
VIII. LES GROUPES REFROIDISSEURS D'EAU (GRE).....	93
VIII.1 Structuration du secteur	93
VIII.2 Données nécessaires au calcul	93
VIII.3 Les GRE en France en 2014	95
VIII.3.1 Le marché.....	95
VIII.3.2 La production.....	95
VIII.3.3 Les fluides utilisés.....	95
VIII.3.4 La charge moyenne	96
VIII.3.5 Courbes de durée de vie	97
VIII.3.6 Niveaux d'émissions.....	97
VIII.4 Résultats GRE – Inventaires 2014.....	98
VIII.4.1 – La banque	98
VIII.4.2 – La demande.....	98
VIII.4.3 – Les émissions totales.....	99
VIII.4.4 – Les émissions en équivalent CO ₂	100
VIII.4.5 – Les quantités récupérées	100
IX. LA CLIMATISATION A AIR.....	101
IX.1- Structuration du secteur	101
IX.2 - Données nécessaires au calcul	101
IX.3 - La climatisation à air en 2014 en France	102

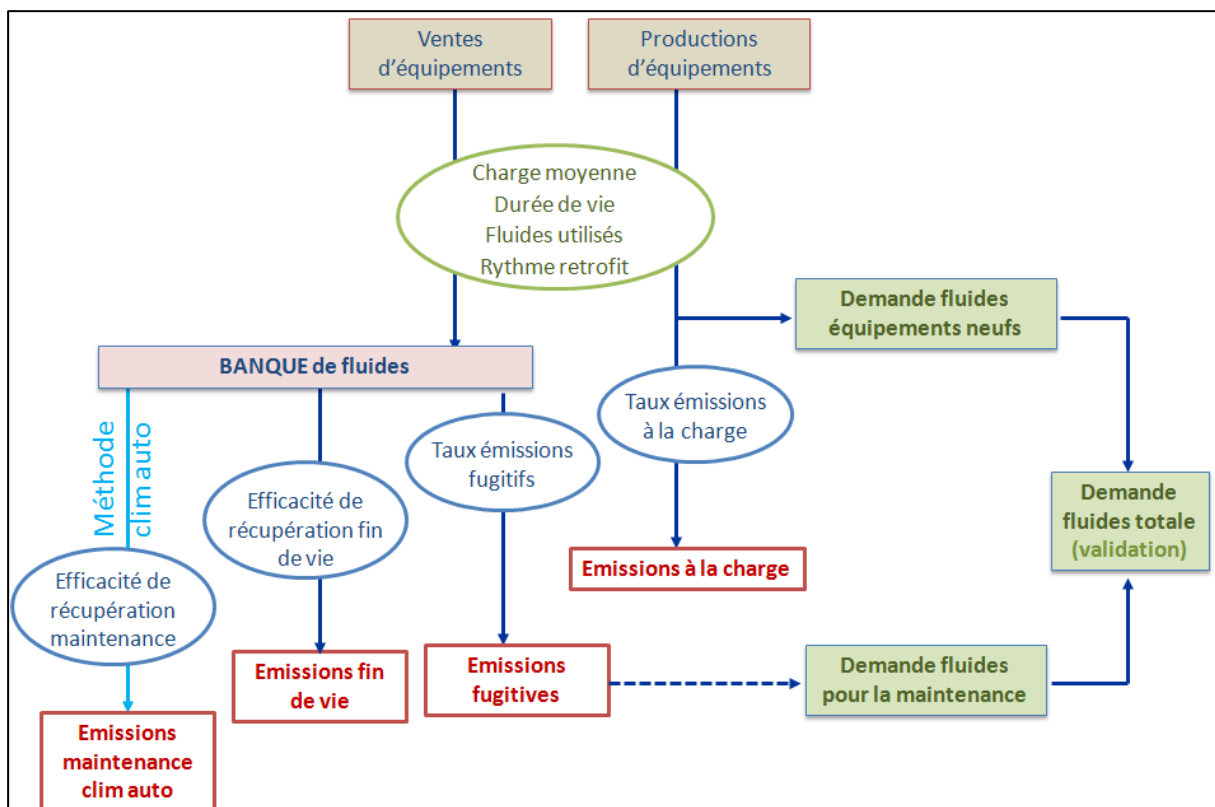
IX.3.1 - Le marché	102
IX.3.2 - La production	102
IX.3.3- Les fluides utilisés	103
IX.3.4 - La charge moyenne	103
IX.3.5 - Courbes de durée de vie.....	104
IX.3.6 - Facteurs d'émissions	104
IX.4 - Résultats de la climatisation à air – Inventaires 2014.....	105
IX.4.1 – La banque.....	105
IX.4.2 – La demande	105
IX.4.3 – Les émissions totales	106
IX.4.4 – Les émissions en équivalent CO ₂	107
IX.4.5 – Les quantités récupérées	107
X. LES POMPES A CHALEUR RESIDENTIELLES (PAC)	108
X.1 Structuration du secteur	108
X.2 Données nécessaires au calcul	108
X.3 Les PAC en France en 2014	109
X.3.1 - Le marché et la production	109
X.3.2 - Les fluides utilisés.....	109
X.3.3 - La charge moyenne	109
X.3.4 - Courbe de durée de vie	110
X.3.5 Facteurs d'émissions.....	110
X.4 Résultats des PAC – Inventaires 2014	111
X.4.1 – La banque.....	111
X.4.2 – La demande	111
X.4.3 – Les émissions totales	112
X.4.4 – Les émissions en équivalent CO ₂	112
X.4.5 – Les quantités récupérées.....	113
XI. LA CLIMATISATION EMBARQUEE	114
XI.1 Structuration du secteur	114
XI.2 Données nécessaires au calcul	114
XI.3 La climatisation embarquée en France en 2014	116
XI.3.1 La production et le marché	116
XI.3.2 La répartition annuelle des fluides.....	117
XI.3.3 La charge moyenne	118
XI.3.4 La courbe de durée de vie.....	118
XI.3.5 L'efficacité de récupération.....	119
XI.3.6 Le taux d'émissions.....	120
XI.4 Résultats climatisation embarquée – Inventaires 2014 France métropole.....	121
XI.4.1 – La banque.....	121
XI.4.2 – La demande	121
XI.4.3 – Les émissions totales	122
XI.4.4 – Les émissions en équivalent CO ₂	122
XI.4.5 – Les quantités récupérées	123
Références Froid Domestique	124
Références froid commercial.....	124
Références Transports Frigorifiques.....	125
Références Froid Industriel	125
Références GRE	125
Références Climatisation à Air	126
Références PAC.....	126
Références climatisation embarquée	126
XII. ANNEXES.....	127
Annexe 1 – PRG (Potentiel de Réchauffement Global) ou GWP (Global Warming Potential) selon les 2 ^{ème} , 3 ^{ème} et 4 ^{ème} Rapports d'évaluation du GIEC	127
Annexe 2 : Détermination de la charge des équipements agroalimentaire	128
Annexe 3 - Principes de la méthode de calcul du secteur Climatisation automobile	129
Décomposition du taux d'émission et facteur de dégradation.....	129

Pourcentage de charge émise avant une opération de maintenance	129
Calcul des émissions de fin de vie.....	130
Contacts	131

I. SYNTHÈSE

En tant que signataire de la Convention Cadre des Nations Unies sur les Changements Climatiques (CCNUCC), la France doit, chaque année, déclarer ses émissions de Gaz à Effet de Serre (GES). Les HFC en font partie et leurs émissions doivent à ce titre être estimées. Le CES (Centre Efficacité énergétique des Systèmes) de MINES-ParisTech/ARMINES réalise chaque année, (depuis 2000 et, pour cette étude, dans le cadre d'un marché qui court jusqu'en 2017) en collaboration avec EReIE, les inventaires de fluides frigorigènes pour la France métropole et les DOM COM, permettant ainsi l'évaluation annuelle des émissions de HFC. Celles-ci sont évaluées par secteur d'activité et transmises à la DGEC qui assure la déclaration des émissions de tous les GES pour la France auprès de la CCNUCC et de la Commission Européenne.

La méthode de calcul utilisée (figure ci-dessous) s'appuie sur les recommandations du GIEC pour la réalisation des inventaires. Elle est basée sur une approche ascendante (ou bottom-up) qui reconstitue la *banque* de fluides frigorigènes, en se basant sur la description du parc d'équipements. La banque représente les quantités de fluides frigorigènes dans l'ensemble des équipements présents sur le sol français (le parc). Les émissions sont évaluées au cours de la vie des équipements en fonction des facteurs d'émissions fixés par secteur d'application et type de technologie: *à la charge*, lors de la production ou de la mise en service d'un équipement, *fugitives*, au cours de son fonctionnement et de sa maintenance, *fin de vie*, lors du démantèlement de l'équipement ou de son retrofit, c'est-à-dire de sa conversion en vue du changement de fluide frigorigène. 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 par exemple, une méthode spécifique a été développée afin de prendre en compte la dégradation du taux d'émissions fugitives au cours de la vie du véhicule et les particularités de la maintenance.



Méthode de calcul d'inventaire des émissions de fluides frigorigènes

La méthode de calcul est mise en œuvre dans le 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. 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-quatre applications. Des bases de données élaborées par le CES pour la France métropole, les DOM et les COM et enrichies au fur et à mesure des études d'inventaires 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 2014.

L'année 2014 est marquée par la publication du règlement européen CE 517/2014 qui prévoit un certain nombre de restrictions d'utilisation de HFC notamment dans les secteurs de la réfrigération dès 2020, aussi bien pour les équipements neufs que pour la maintenance. Les choix pour les nouveaux équipements et les derniers retrofits d'installations aux HCFC s'en trouvent donc impactés, tendanciellement, même si les résultats d'enquête font encore apparaître un nombre significatif de nouvelles installations au R-404A (PRG = 3 900). La pénétration des fluides "non HFC" se confirme: les hydrocarbures en petit froid commercial, le CO₂, en froid commercial centralisé ainsi qu'en agroalimentaire et en transport maritime, et le renouveau de l'ammoniac en agroalimentaire notamment. En revanche, l'introduction du R-1234yf en climatisation automobile est relativement lente.

Les tendances des taux d'émissions sont relativement stables, de même que la récupération dans les filières de fin de vie. Une correction est à signaler: elle concerne la récupération en fin de vie des installations classées ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement) qui avait été sous-estimée jusqu'à présent. Cette année, certaines sources fréquemment utilisées pour les inventaires n'ont pu répondre aussi précisément que souhaité à nos enquêtes, notamment en climatisation à air. Ce secteur pourra être revu l'an prochain.

Désormais, le calcul des émissions CO₂ équivalentes utilise les valeurs des PRG données par le 4^{ème} rapport d'évaluation du GIEC.

Résultats 2014

EMISSIONS

En 2014, les émissions de fluides frigorigènes en France métropole sont estimées à 8 050 tonnes, soit **17,7 millions de tonnes de CO₂ équivalentes**. Depuis 2010, les émissions CO₂ eq. de fluides frigorigènes sont globalement en baisse, d'environ 1,7 % entre 2013 et 2014. Les HFC constituent désormais 90 % des émissions CO₂ équivalentes de fluides frigorigènes. Le R-404A, du fait de son Potentiel de Réchauffement Global élevé (PRG = 3 900) domine les émissions de HFC avec 8,2 millions de tonnes de CO₂ eq. émises en 2014, suivi par le R-134a (PRG = 1 430) et 4,6 millions de tonnes de CO₂ eq.

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

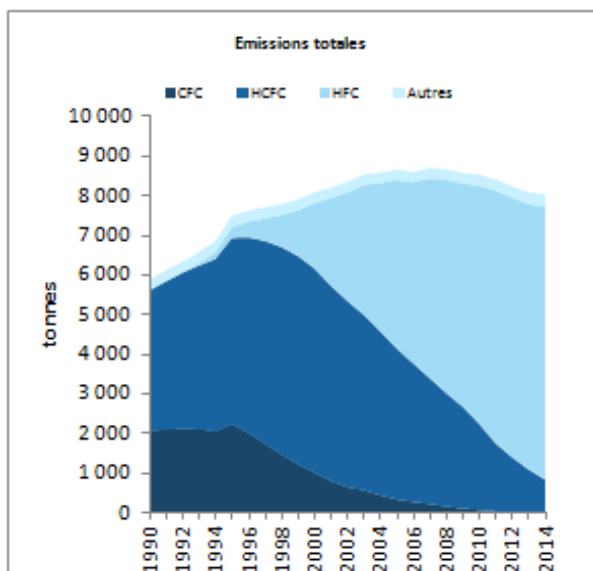


Figure I-1 - Emissions totales de fluides frigorigènes en France métropole.

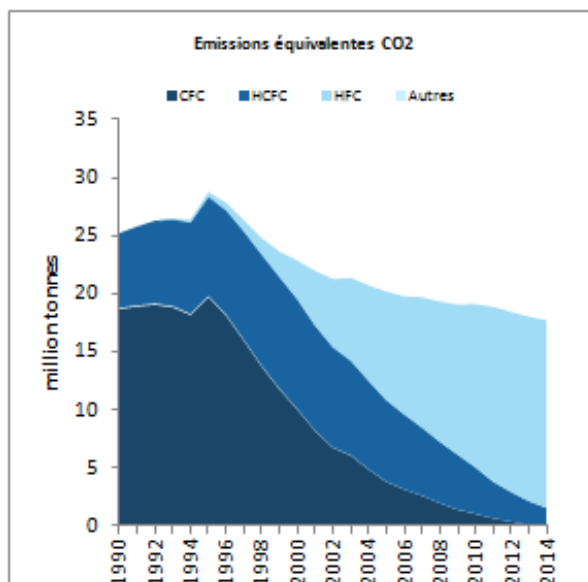


Figure I-2 - Emissions totales CO₂ équivalentes de fluides frigorigènes en France métropole.

Les émissions de R-22, en baisse de 20 % par rapport à 2013, sont évaluées à 1,5 millions de tonnes de CO₂ pour 2014 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.

	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	2 084	3 547	0	273	5 904
1991	2 113	3 747	0	277	6 138
1992	2 139	3 939	0	277	6 355
1993	2 128	4 127	65	278	6 599
1994	2 070	4 352	169	283	6 873
1995	2 253	4 697	267	284	7 501
1996	2 032	4 934	392	285	7 643
1997	1 763	5 116	557	281	7 717
1998	1 490	5 236	803	280	7 808
1999	1 248	5 251	1 145	275	7 919
2000	1 038	5 150	1 636	270	8 094
2001	825	4 924	2 204	268	8 220
2002	669	4 696	2 729	264	8 358
2003	593	4 420	3 270	263	8 546
2004	469	4 128	3 734	261	8 592
2005	361	3 800	4 247	261	8 669
2006	298	3 488	4 559	261	8 607
2007	246	3 167	5 038	262	8 713
2008	186	2 854	5 371	264	8 674
2009	132	2 561	5 624	269	8 586
2010	99	2 164	6 005	278	8 545
2011	63	1 706	6 370	282	8 421
2012	37	1 379	6 543	287	8 247
2013	12	1 097	6 688	296	8 094
2014	0	858	6 876	311	8 046
Evolution 1990/2014	-100%	-76%		14%	36%

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

	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	18 772	6 421	0	-	25 193
1991	18 974	6 782	0	-	25 757
1992	19 130	7 129	0	-	26 260
1993	18 914	7 477	93	-	26 484
1994	18 241	7 918	261	-	26 421
1995	19 798	8 571	436	0,00	28 806
1996	18 162	9 016	671	0,00	27 850
1997	16 001	9 363	993	0,00	26 357
1998	13 774	9 591	1 464	0,00	24 828
1999	11 803	9 628	2 213	0,00	23 644
2000	10 071	9 447	3 379	0,00	22 897
2001	8 209	9 042	4 737	0,00	21 987
2002	6 758	8 633	5 904	0,00	21 295
2003	6 106	8 137	7 151	0,00	21 394
2004	4 896	7 609	8 242	0,00	20 747
2005	3 829	7 010	9 369	0,00	20 209
2006	3 178	6 440	10 184	0,01	19 802
2007	2 637	5 849	11 242	0,02	19 728
2008	1 996	5 270	12 081	0,03	19 346
2009	1 431	4 727	12 943	0,04	19 100
2010	1 078	3 994	14 052	0,05	19 124
2011	682	3 151	15 072	0,06	18 905
2012	408	2 545	15 518	0,08	18 471
2013	135	2 022	15 892	0,10	18 048
2014	1	1 574	16 172	0,13	17 748
Evolution 1990/2014	-100%	-75%			-30%

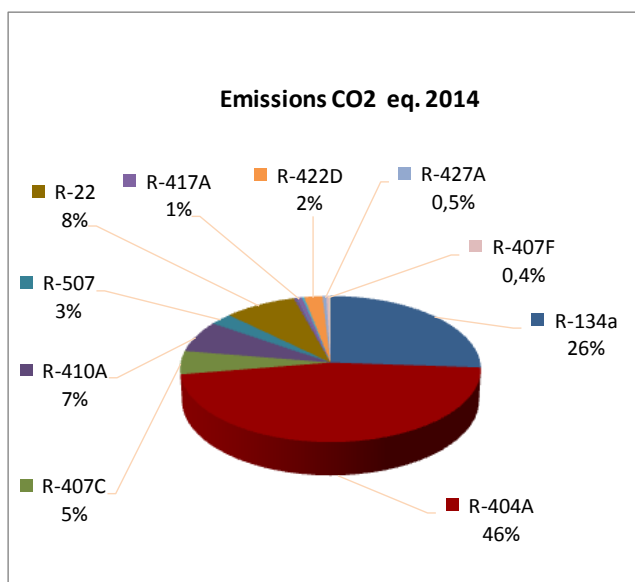


Figure I-3 - Répartition par fluide des émissions de fluides frigorigènes en équivalent CO₂ en France métropole en 2014.

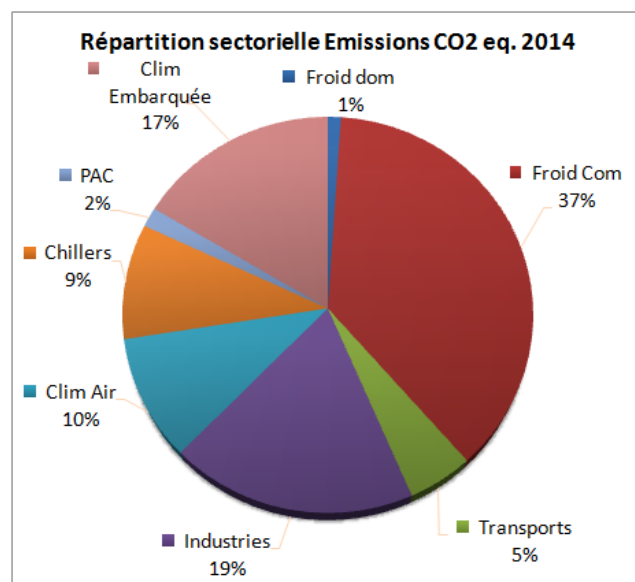


Figure I-4 - Répartition sectorielle des émissions de fluides frigorigènes en équivalent CO₂ en France métropole en 2014.

D'un point de vue sectoriel, les émissions en équivalent CO₂ de fluides frigorigènes sont toujours dominées 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 (composée à 97 % de la climatisation automobile) est stable autour de 16 % car l'introduction du R-1234yf sur le marché neuf est lente et le parc de véhicules utilisant ce HFO encore très faible. En 2014, les émissions CO₂ de R-404A sont à 68 % dues au secteur du froid commercial et celles de R-134a sont liées, à 62 % à la climatisation embarquée.

Dans les territoires des DOM COM, les émissions de fluides frigorigènes sont stables et estimées à 745 000 t eq. CO₂ en 2014 (dont 600 000 t eq. CO₂ dans les DOM et 145 000 t eq. CO₂ dans les COM). Ces résultats sont marqués d'une forte incertitude étant donné le peu de statistiques et communications disponibles.

BANQUE

Depuis quelques années, la réduction des charges et la saturation du parc automobile climatisé ont permis de stabiliser la banque. En 2014, la banque totale de fluides frigorigènes en France métropole est estimée à **58 500 tonnes**, stable par rapport à 2013 (+ 0,9 %). Elle est dominée par le R-134a (Figure I-6) à 40 %. Les HCFC ne représentent plus que 6 % de la banque 2014 et concernent principalement le froid industriel (30 %) et les chillers (34 %). La banque des fluides frigorigènes non fluorés est croissante et constitue désormais plus de 11 % de la banque totale; elle concerne à 67 % le froid industriel et à 29 % le froid domestique.

Tableau I-3 Evolution de la banque de fluides frigorigènes de 1990 à 2014

	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	11 462	17 009	-	3 008	31 478
1991	11 677	17 802	-	3 065	32 544
1992	11 935	18 541	2	3 104	33 583
1993	12 030	19 224	165	3 142	34 561
1994	11 653	20 018	746	3 197	35 614
1995	10 440	21 235	1 654	3 266	36 595
1996	9 219	22 183	2 727	3 352	37 481
1997	8 034	22 908	3 877	3 438	38 257
1998	6 917	23 422	5 289	3 540	39 168
1999	5 877	23 624	7 141	3 645	40 288
2000	4 879	23 382	9 576	3 759	41 595
2001	3 999	22 729	12 587	3 898	43 213
2002	3 207	21 868	15 578	4 045	44 697
2003	2 446	20 806	18 731	4 206	46 190
2004	1 797	19 482	22 253	4 378	47 911
2005	1 368	18 034	25 505	4 559	49 466
2006	1 021	16 569	28 840	4 747	51 177
2007	738	15 091	32 164	4 927	52 920
2008	500	13 590	35 284	5 096	54 470
2009	310	11 617	38 419	5 274	55 620
2010	174	9 411	41 522	5 478	56 585
2011	78	7 331	44 310	5 661	57 380
2012	20	5 770	46 136	5 812	57 738
2013	0	4 477	47 490	5 983	57 950
2014	-	3 407	48 856	6 201	58 465
Evolution 1990/2014	-100%	-80%		106%	86%

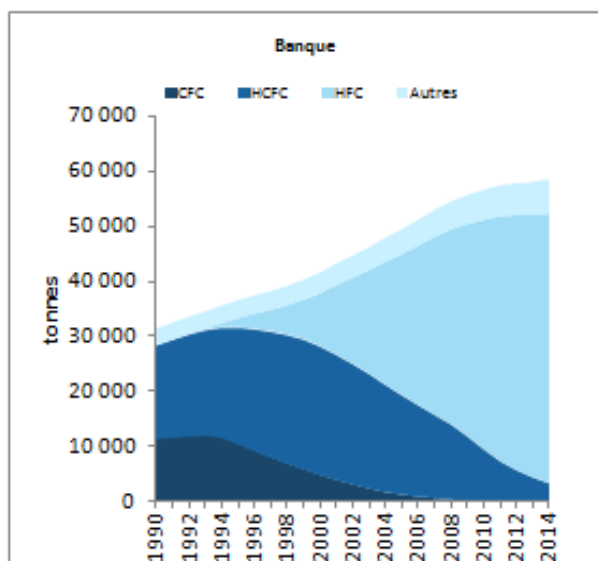


Figure I-5 - Evolution de la banque de fluides frigorigènes en France métropole

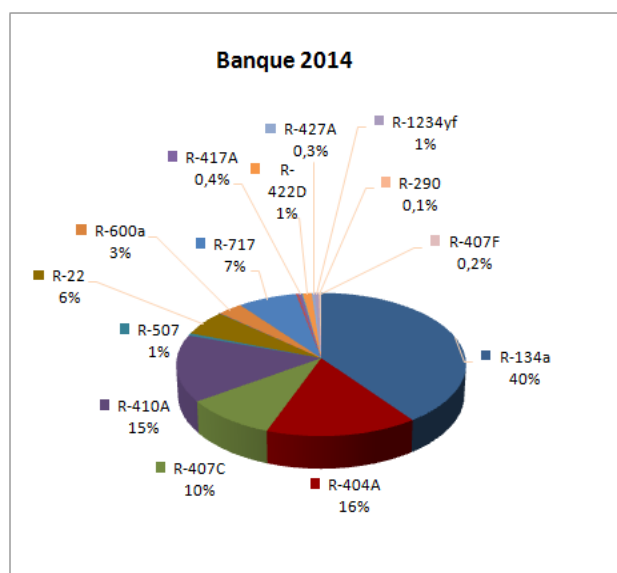


Figure I-6 - Répartition des fluides frigorigènes formant la banque de France métropole en 2014.

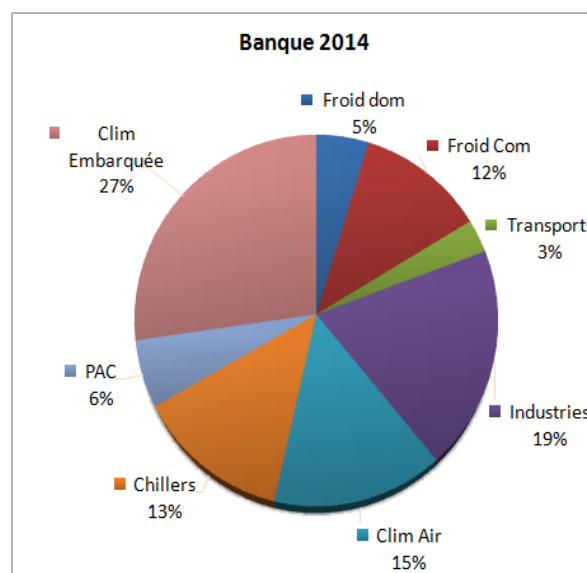


Figure I-7 - Répartition sectorielle de la banque de fluides frigorigènes de France métropole en 2014.

La banque 2014 est toujours dominée par la climatisation embarquée, du fait de l'importance du parc automobile, suivie des installations aux fortes charges du froid industriel (Figure I-7). La croissance continue du parc d'équipements de climatisation à air tertiaire et domestique conduit ce secteur à la troisième place en termes de banques de fluides frigorigènes. La part du froid commercial ne représente désormais 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 2014, près des trois quarts étant dans les DOM. La banque est dominée à 85 % par les HFC dans les DOM, et à 50 % dans les COM.

DEMANDE

En 2014, en France métropole, la demande totale, c'est-à-dire le besoin en fluides frigorigènes pour

la production en usine, la charge sur site, le retrofit et la maintenance des équipements, est estimée à 9 840 t par RIEP, dont encore 640 t de HCFC qui correspondent au besoin pour la maintenance du parc qui n'a pas été converti (Tableau I-4). Au total, le besoin pour la maintenance des installations correspond à plus de la moitié de la demande totale (54 %).

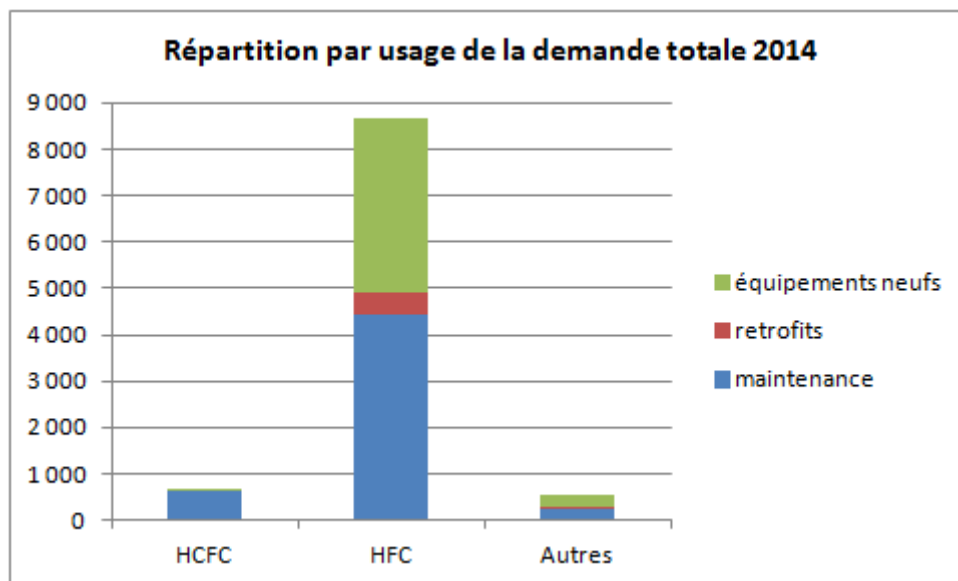


Figure I-8 - Décomposition de la demande totale par usage et famille de fluides

Tous secteurs confondus, la demande est dominée par le R-134a et le R-404A. La demande en R-134a est liée, pour près de la moitié, à la climatisation embarquée. Quant au R-404A, sa demande est liée à près de 70 % au froid commercial, les deux tiers étant utilisés pour la maintenance des installations.

Le besoin pour la maintenance des installations au R-22 est une estimation calculée par RIEP et établie en fonction du nombre d'installations présentes sur le parc, celui-ci dépendant des hypothèses de durée de vie, de niveaux d'émissions et du nombre annuel de retrofits. La demande estimée peut être supérieure au marché réel du fait des hypothèses de calcul mais aussi de stocks effectués préalablement, ou d'un besoin non satisfait pour la maintenance.

Tableau I-4 Evolution de la Demande totale en fluides frigorigènes 1990 - 2014

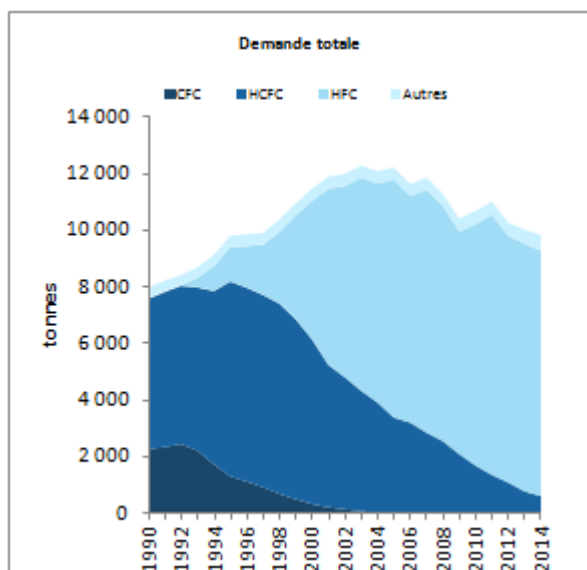


Figure I-9 - Evolution de la demande totale en fluides frigorigènes en France métropole de 1990 à 2014

	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	2 292	5 316	0	349	7 957
1991	2 372	5 478	0	367	8 218
1992	2 478	5 589	0	350	8 417
1993	2 249	5 761	328	353	8 690
1994	1 769	6 113	858	379	9 119
1995	1 332	6 884	1 209	386	9 811
1996	1 156	6 843	1 451	405	9 855
1997	956	6 786	1 763	402	9 908
1998	717	6 723	2 518	420	10 378
1999	535	6 355	3 643	421	10 955
2000	362	5 817	4 872	426	11 477
2001	244	5 028	6 207	440	11 919
2002	166	4 676	6 722	435	11 999
2003	104	4 259	7 504	436	12 304
2004	56	3 890	7 717	435	12 099
2005	38	3 375	8 385	434	12 233
2006	25	3 211	7 979	438	11 653
2007	17	2 863	8 557	434	11 871
2008	9	2 574	8 288	428	11 298
2009	3	2 121	7 840	449	10 414
2010	1	1 712	8 507	479	10 699
2011	1	1 389	9 166	470	11 026
2012	0	1 118	8 704	446	10 268
2013	0	804	8 733	486	10 023
2014	0	640	8 657	541	9 838
Evolution 1990/2014	-100%	-88%		55%	24%

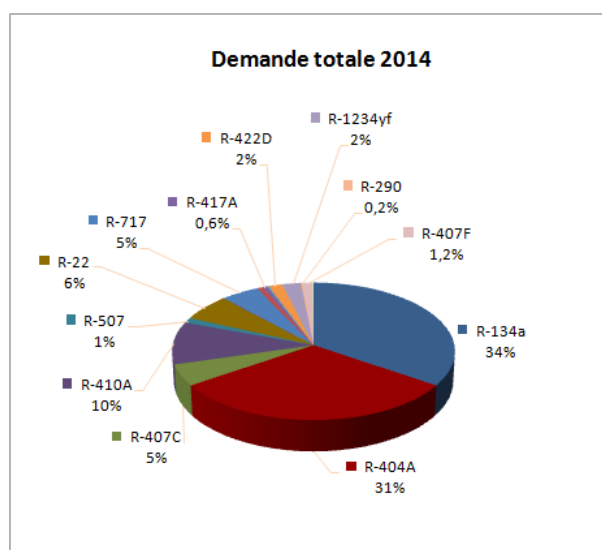


Figure I-10 - Répartition des fluides sur la demande totale calculée en 2014

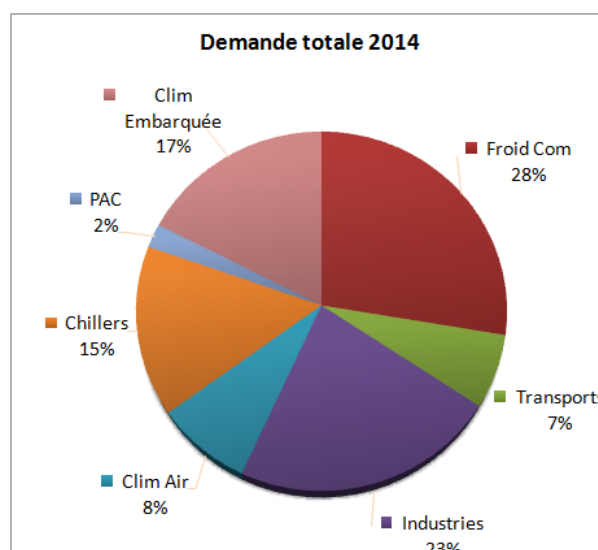


Figure I-11 - Répartition sectorielle de la demande totale en fluides frigorigènes 2014

Dans les DOM COM, la demande en fluides frigorigènes est faible, évaluée à un peu plus de 300 t (230t dans les DOM et 80 t dans les COM), 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 DE LA DEMANDE CALCULEE AUX MARCHES DECLARES

La méthode de calcul de RIEP permet de reconstituer le besoin en fluides frigorigènes pour les équipements neufs (production en France et charges sur site), convertis et pour la maintenance des équipements formant le parc français. Afin de valider les hypothèses de calcul, ce besoin ou demande est comparé aux quantités déclarées au SNEFCCA (Syndicat National des Entreprises du

Froid, des équipements de Cuisines professionnelles et du Conditionnement de l'Air) depuis 2000 et à l'OFF (Observatoire des Fluides Frigorigènes) de l'ADEME depuis 2009.

Historiquement, la comparaison avec les données déclarées au SNEFCCA a montré une bonne estimation d'ensemble. En revanche, la comparaison avec les données déclarées à l'OFF était moins cohérente. Une étude détaillée en collaboration avec l'OFF a permis de comprendre les données qu'il était réellement possible de comparer. En effet, les quantités mises sur le marché sont définies dans des cadres différents et les effets de stocks peuvent aussi avoir un impact sur les comparaisons. De plus, avant 2013, les producteurs d'équipements ne dissociaient pas les volumes de brut et de pré-chargé dans les déclarations il était donc normal de ne pas pouvoir reconstituer la demande évaluée par RIEP à partir des données OFF. Par ailleurs, des erreurs ponctuelles de déclarations peuvent également fausser les estimations globales. Pour cette édition d'inventaires, un marché "reconstitué" à partir des données de l'OFF est comparé aux déclarations SNEFCCA et une demande reconstituée à celle calculée par RIEP.

En 2014, la demande RIEP surestime le marché SNEFCCA de 10 %, et sous-estime la demande reconstituée à partir des données de l'OFF de 14 %. Le rapport présente les comparaisons par fluide.

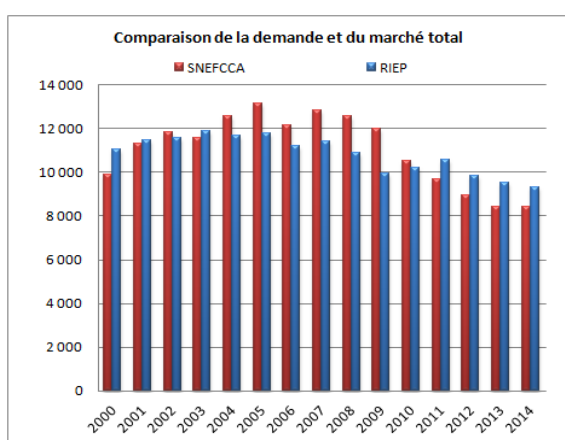


Figure I-12 Comparaison de la demande totale de gaz fluorés calculée par RIEP avec le marché total déclaré au SNEFCCA de 2000 à 2014.

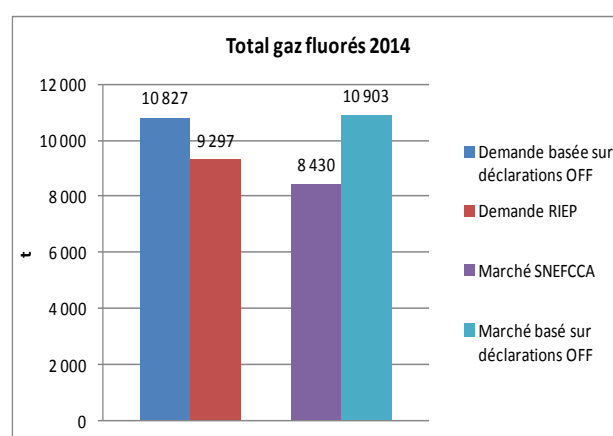


Figure I-13 Comparaison de la demande HFC calculée par RIEP et du marché SNEFCCA avec les demandes et marchés équivalents, basés sur les déclarations OFF.

Depuis 2013, les opérateurs déclarant à l'OFF doivent renseigner les quantités de fluides frigorigènes chargées pour la maintenance des installations. Elles sont, au total HFC et HCFC, de 5 800 t selon le rapport de l'OFF. Selon RIEP, le besoin pour la maintenance des installations est estimé à 5 350 t. Cette comparaison positive, de même ordre de grandeur que celle de 2013, tend à montrer que les taux d'émissions fugitives des installations sont globalement bien évalués par l'étude.

En revanche, la comparaison de la demande reconstituée par RIEP fait apparaître cette année un écart significatif avec le marché déclaré du R-134a. Ce point n'a pu être totalement justifié et devra être approfondi lors des prochains inventaires. Les effets de stocks peuvent l'expliquer en partie. Le niveau de dégradation de l'étanchéité pris en compte dans le modèle de calcul de la demande pour la maintenance de la climatisation automobile pourrait aussi avoir un impact.

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 2014

Comme chaque année, les tableaux suivants récapitulent les valeurs des principales hypothèses prises en compte, par application, pour la réalisation des inventaires, 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 2014 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 (Déchets d'Equipements Electriques et Electroniques) 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 récapitulée au Tableau I-8.
- Les marchés d'équipements sont nécessaires au calcul de la banque, des émissions fugitives, au moment de la fin de vie, lors de la maintenance et du retrofit. Les données de productions permettent de calculer les émissions à la charge si 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 des équipements 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 au sein d'un même millésime (année de mise sur le marché).

Tableau I-5 Taux d'émissions fugitives 2014 par secteur, sources et incertitudes.

Domaines	Sous-secteurs	taux d'émission FUGITIVES 2014	rapporté à	Tendance	Source & incertitude
Froid domestique	1 Réfrigérateurs simples, réfrigérateurs-congélateurs et congélateurs simples	0,01%	équipements neufs	constante	Equipement hermétique/ taux de panne après-vente. Pas de panel national.
	Froid commercial	2 Supermarchés	29%	parc	constante à 30% jusqu'en 2013. Début décroissance.
3 Hypermarchés		34%	parc	constante à 35% jusqu'en 2013. Début décroissance.	Consommation fluides maintenance d'un échantillon de magasins, pas nationale.
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	faiblement décroissante	donnée fabricant (Carrier)
	7 Groupes indépendants utilisés dans les transports routiers	11%	équipements neufs	décroissante	donnée fabricant (Carrier)
	8 Conteneurs frigorifiques utilisés dans les transports maritimes	20%	équipements neufs	stagnante	donnée fabricant (Carrier)
	9 Reefers	15%	équipements neufs	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	idem	idem
	12 Industrie agroalimentaire des produits laitiers	15%	parc	idem	idem
	13 Industrie agroalimentaire du chocolat	15%	parc	idem	idem
	14 Industrie agroalimentaire des boissons gazeuses	15%	parc	idem	idem
	15 Industrie agroalimentaire de la bière et du vin	15%	parc	idem	idem
	16 Industrie agroalimentaire des produits surgelés	15%	parc	idem	idem
	17 Entrepôts frigorifiques	15%	parc	idem	idem
	18 Tanks à lait utilisés dans l'industrie agroalimentaire	10%	équipements neufs	décroissante	donnée fabricant
	19 Patinoires	9%	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	idem
22 Industrie du caoutchouc	15,0%	parc	stagnante	donnée producteur	
Groupes refroidisseurs à eau	23 Chillers de type centrifuge	3,30%	équipements neufs	décroissante	Suivi des consommations Climafort
	24 Chillers à compresseur volumétrique de petite puissance	10%	équipements neufs	stable	données anciennes sur lesquelles est appliquée une courbe de tendance
	25 Chillers à compresseur volumétrique de moyenne puissance	5%	équipements neufs	décroissante	communications opérateurs
	26 Chillers à compresseur volumétrique de forte puissance	5%	équipements neufs	décroissante	communications opérateurs
Climatisation à air	27 Climatisation individuelle de type « mobile »	2%	équipements neufs	constante	Données fabricants (Daikin)
	28 Climatisation individuelle de type « window »	2%	équipements neufs	constante	Données fabricants (Daikin)
	29 Climatisation individuelle de type « split »	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	0,01%	équipements neufs	constante	Système hermétique
Climatisation mobile	40 Climatisation automobile	25g/an	équipements neufs puis dégradation	stable	campagnes de mesures anciennes
	41 Climatisation des véhicules industriels	35g/an	équipements neufs puis dégradation	stable	analogie clim auto
	42 Climatisation des cars et bus	13%	équipements neufs	décroissante	tendance
	43 Climatisation des trains.	5%	équipements neufs	stable depuis 2008	SNCF - taux sur le parc incluant la maintenance
	44 Climatisation des tramways	5%	équipements neufs	stable	SNCF

Tableau I-6 Efficacité de récupération en fin de vie des équipements en 2014 par secteur.

Domaines	Sous-secteurs	Efficacité de récupération FIN DE VIE 2014	Tendance	Source & incertitude
Froid domestique	1 Réfrigérateurs simples, réfrigérateurs-congélateurs et congélateurs simples	40,2%	amélioration constatée	données filière 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	tendance donnée par les opérateurs. Mêmes opérations en fin de vie et à la maintenance
	4 Groupes hermétiques présents dans les petits commerces et les distributeurs automatiques	12%	croissante	intégration dans la filière DEEE pro
	5 Groupes de condensation présents dans les petits commerces	42%	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	Communication Cemafroid.
	7 Groupes indépendants utilisés dans les transports routiers	70%	correction 2013 à la baisse	Communication Cemafroid.
	8 Conteneurs frigorifiques utilisés dans les transports maritimes	34%	croissance en S	pas de donnée, courbe de tendance
	9 Reefers	27%	croissance en S	pas de donnée, courbe de tendance
Industries	10 Industrie agroalimentaire de la viande	95%	niveau asymptotique atteint	Correction 2014 liée au classement IPCE. Correction sur l'historique également
	11 Industrie agroalimentaire du poisson	95%	id	id
	12 Industrie agroalimentaire des produits laitiers	95%	id	id
	13 Industrie agroalimentaire du chocolat	95%	id	id
	14 Industrie agroalimentaire des boissons gazeuses	95%	id	id
	15 Industrie agroalimentaire de la bière et du vin	95%	id	id
	16 Industrie agroalimentaire des produits surgelés	95%	id	id
	17 Entrepôts frigorifiques	80%	id	Tendance, retour opérateurs
	18 Tanks à lait utilisés dans l'industrie agroalimentaire	50%	croissante	pas de donnée, courbe de tendance
	19 Patinoires	80%	correction 2013	Forte amélioration ces dernières années. Retour opérateur
	20 Industrie chimie lourde	95%	croissante - courbe en S. Correction 2014	Tendance donnée par les opérateurs. Très bon niveau associé aux installations classées ICPE (correction suite enquête inventaires 2014)
	21 Industrie pharmaceutique	95%	croissante - courbe en S. Correction 2014	Tendance donnée par les opérateurs. Très bon niveau associé aux installations classées ICPE (correction suite enquête inventaires 2014)
22 Industrie du caoutchouc	95%	croissante - courbe en S. Correction 2014	Tendance donnée par les opérateurs. Très bon niveau associé aux installations classées ICPE (correction suite enquête inventaires 2014)	
Groupes refroidisseurs à eau	23 Chillers de type centrifuge	95%	croissante - courbe en S. Correction 2014	Tendance donnée par les opérateurs. Retour Climafort: niveau corrigé 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 fin de vie et maintenance
	25 Chillers à compresseur volumétrique de moyenne puissance	78%	croissante - courbe en S	idem
	26 Chillers à compresseur volumétrique de forte puissance	78%	croissante - courbe en S	idem
Climatisation à air	27 Climatisation individuelle de type « mobile »	22%	croissante - courbe en S	tendance récupération DEEE
	28 Climatisation individuelle de type « window »	18%	croissante - courbe en S	tendance récupération DEEE
	29 Climatisation individuelle de type « split »	19%	croissante - courbe en S	tendance récupération DEEE
	30 Climatisation individuelle de type « multi-split »	27%	croissante - courbe en S	niveau intermédiaire particulier/pro. Tendance
	31 Climatisation autonome de type « armoire verticale » (ou « console »)	25%	croissante - courbe en S	niveau intermédiaire particulier/pro. Tendance
	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	35%	croissante - courbe en S	courbe de tendance, pas de données précises.
	37 PAC Eau-Eau	35%	croissante - courbe en S	courbe de tendance, pas de données précises.
	38 PAC Sol-Eau et Sol-Sol	35%	croissante - courbe en S	courbe de tendance, pas de données précises.
	39 Chauffe-eau thermodynamique	35%	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	3%	faiblement croissante	tendance, analogie clim auto
	43 Climatisation des trains.	70%	croissante	données SNCF
	44 Climatisation des tramways	70%	croissante	tendance SNCF

Tableau I-7 Charge moyenne ou ratio par secteur en 2014, tendance, sources et incertitudes.

Domaines		Sous-secteurs	charge moyenne 2014	Tendance	Source & incertitude
Froid domestique	1	Réfrigérateurs simples, réfrigérateurs-congérateurs et congérateurs simples	46g R-600a réfrigérateur 60g R-600a congélateur	supposée constante par fluide	Etudes CES dédiées froid domestique jusqu'en 2012. Pas de nouvelles technologies.
Froid commercial	2	Supermarchés	0,175 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	0,125 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 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	6,3 kg	décroissante	donnée fabricant (Carrier)
	8	Conteneurs frigorifiques utilisés dans les transports maritimes	4,6 kg	constante	donnée fabricant
	9	Reefers	1 t	constante depuis 2010	tendance
Industries	10	Industrie agroalimentaire de la viande	calcul fonction de la production denrées et part systèmes indirects	-	courbe de croissance de la pénétration des systèmes indirects. Données anciennes ratios kg/kW directs ou indirects (considérés constants).
	11	Industrie agroalimentaire du poisson	idem	idem	idem
	12	Industrie agroalimentaire des produits laitiers	idem	idem	idem
	13	Industrie agroalimentaire du chocolat	idem	idem	idem
	14	Industrie agroalimentaire des boissons gazeuses	idem	idem	idem
	15	Industrie agroalimentaire de la bière et du vin	idem	idem	idem
	16	Industrie agroalimentaire des produits surgelés	idem	idem	idem
	17	Entrepôts frigorifiques	idem	idem	idem
	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	idem
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
	44	Climatisation des tramways	23,6 kg	constante	SNCF

Tableau I-8 Fluides utilisés sur le marché neuf des équipements en 2014

Domaines	Sous-secteurs	Fluides marché neuf 2014	Source	Incertitude
Froid domestique	1 Réfrigérateurs simples, réfrigérateurs-congélateurs et congélateurs simples	R-600a: 99 à 100% R-134a: 1%	enquête de terrain magasins et évolution réglementaire	faible car interdiction R-134a en 2015.
Froid commercial	2 Supermarchés	20% R-404A/ 50% R-134a/ 25% CO2 / 5% R-407F	enquête de terrain chaînes de magasins et opérateurs	moyenne : question de la représentativité des opérateurs et détenteurs interrogés.
	3 Hypermarchés	20% R-404A/ 38% R-134a/ 35% CO2 / 1% R-717 / 6% R-407F	enquête de terrain chaînes de magasins et opérateurs. Correction 2013 à la suite communications chaînes.	moyenne : question de la représentativité des opérateurs et détenteurs interrogés.
	4 Groupes hermétiques présents dans les petits commerces et les distributeurs automatiques	40% R-134a/ 35% R-404A/ 15% R-290/ 10% R-600a DA: 90% R-134a/ 8% R-290/ 5% CO2	enquête de terrain magasins et interviews fabricants	tendances fabricants
	5 Groupes de condensation présents dans les petits commerces	50% R-404A/ 50% R-134a	idem	idem
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	idem
	8 Conteneurs frigorifiques utilisés dans les transports maritimes	96% R-134a/ 1% 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	idem
Industries	10 Industrie agroalimentaire de la viande	15% R-134a/ 29% R-404A/ 10% CO2/ 45% NH3/ 1% R-407A&F	Opérateurs. Correction évolution R-404A	évolution tendancielle selon échantillon entreprises suivies. Pas de suivi national
	11 Industrie agroalimentaire du poisson	25% R-134a/ 9% R-404A/ 15% CO2/ 50% NH3 / 1% R-407A&F	tendance opérateurs	idem
	12 Industrie agroalimentaire des produits laitiers	25% R-134a/ 20% R-404A/ 55% NH3	tendance opérateurs	idem
	13 Industrie agroalimentaire du chocolat	35% R-134a/ 15% R-404A/ 50% NH3	tendance opérateurs	idem
	14 Industrie agroalimentaire des boissons gazeuses	35% R-134a/ 14% R-404A/ 50% NH3/ 1% R-407A&F	tendance opérateurs	idem
	15 Industrie agroalimentaire de la bière et du vin	30% R-134a/ 19% R-404A/ 50% NH3/ R-407A&F	tendance opérateurs	idem
	16 Industrie agroalimentaire des produits surgelés	15% R-134a/ 5% R-404A/ 25% CO2/ 55% NH3	tendance opérateurs	idem
	17 Entrepôts frigorifiques	10% R-134a/ 19% R-404A/ 10% CO2/ 60% NH3/ 1% R-407A&F	tendance opérateurs	idem
	18 Tanks à lait utilisés dans l'industrie agroalimentaire	100% R-404A	fabricants	idem
	19 Patinoires	75% R-134a/ 25% NH3	opérateurs. Correction évolution R-404A 2012-2014	tendance d'utilisation opérateurs
	20 Industrie chimie lourde	72% R-134a 22% R-404A 5% NH3 1% R-407A	Tendance. Réduction R-404A ralentie	moyenne - données anciennes & courbe de tendance
	21 Industrie pharmaceutique	70% R-134a 30% NH3	Tendance. Réduction R-404A ralentie	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	très faible
	24 Chillers à compresseur volumétrique de petite puissance	80% R-410A/ 20% R-407C	prolongation données Clim'Info 2013	faible
	25 Chillers à compresseur volumétrique de moyenne puissance	91% R-410A/ 8% R-407C 1% NH3	prolongation données Clim'Info 2013	faible
	26 Chillers à compresseur volumétrique de forte puissance	23% R-407C/ 40% R-134a 36% R-410A/ 1% NH3	prolongation données Clim'Info 2013	faible
Climatisation à air	27 Climatisation individuelle de type « mobile »	99% R-410A 1% R-290	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 »)	95% R-410A 5% R-407C	Clim 'Info	faible
	35 Climatisation autonome de type « armoire spéciale » (ou « cabinet »)	99% R-410A 1% R-407C	Clim Info	faible
Pompes à chaleur résidentielles	36 PAC Air-Eau	87% R-410A/ 3% R-407C 5% R-134a/ 5% 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	80% R-134a 20% R-1234yf	Valéo	faible
	41 Climatisation des véhicules industriels	98% R-134a 2% R-1234yf	tendance	faible
	42 Climatisation des cars et bus	100% R-134a	tendance	faible
	43 Climatisation des trains.	75% R-134a 25% R-407C	répartition annuelle R-134a/ R-407C variable	lien étroit avec le type d'équipement au sein des trains. Très variable.
	44 Climatisation des tramways	89% R-407C / 11% R-134a	SNCF	faible

Tableau I-9 Sources et incertitudes pour les marchés d'équipements en 2014

Domaines		Sous-secteurs	Source donnée marchés	Tendance	Incertitude
Froid domestique	1	Réfrigérateurs simples, réfrigérateurs-congélateurs et congélateurs simples	Gifam	suivi régulier depuis 2000	Faible. Bonne représentativité des adhérents du Gifam (estimée à 90%).
Froid commercial	2	Supermarchés	nouvelles surfaces de vente INSEE ou nombre magasins et estimation surface moyenne	données INSEE ou LSA ou NIELSEN	Faible pour le parc de magasins. Quand les nouvelles surfaces de vente ne sont pas disponibles, leur calcul augmente l'incertitude car la surface moyenne est prise en compte.
	3	Hypermarchés	idem supermarchés	idem supermarchés	idem supermarchés
	4	Groupes hermétiques présents dans les petits commerces et les distributeurs automatiques	données éparses relatives à l'évolution du parc	Irrégulier. Difficulté de distinction fermetures magasins.	Forte incertitude
	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	mise à jour 2012 et projections	estimation du marché à partir de données parc et durée de vie moyenne
	9	Reefers	publications éparses	marché très faible	peu de données mais 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	Estimation en fonction de 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)
	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
Climatisation à air	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 « rooftop »	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
Pompes à chaleur résidentielles	35	Climatisation autonome de type « armoire spéciale » (ou « cabinet »)	Clim'Info	suivi régulier depuis 2000	représentativité des adhérents de Clim Info
	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 mobile	40	Climatisation automobile	marchés CCFA courbe tendance véhicules climatisés (95 % en 2014)	suivi régulier	faible
	41	Climatisation des véhicules industriels	CCFA + courbe pénétration clim (80% en 2014)	suivi régulier	moyenne. Incertitude sur part des véhicules climatisés
	42	Climatisation des cars et bus	CCFA + courbe pénétration clim (77% en 2014)	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
	44	Climatisation des tramways	CEREMA + courbe pénétration clim (95% en 2014)	données consolidées. 1ère année de prise en compte	faible

Tableau I-10 Sources et incertitudes pour les productions d'équipements en 2014

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	Cemafroid	projection d'une extraction base Datafrig 2012	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		idem
	12	Industrie agroalimentaire produits laitiers	FAO		idem
	13	Industrie agroalimentaire du chocolat	FAO		idem
	14	Industrie boissons gazeuses	FAO		idem
	15	Industrie agroalimentaire bière et vin	FAO		idem
	16	Industrie agroalimentaire des surgelés	FAO		idem
	17	Entrepôts frigorifiques	FAO		idem
	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
Industries	20	Industrie chimie lourde	Arkema	constante - données anciennes prolongées	moyenne
	21	Industrie pharmaceutique	Arkema	idem	moyenne
	22	Industrie du caoutchouc	Syndicat National Caoutchouc et Polymères SNCP	variable, mise à jour annuelle	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
Pompes à chaleur résidentielles	35	Climatisation autonome de type « armoire spéciale » (ou « cabinet »)	Clim Info	marché = production	incertitude faible
	36	PAC Air-Eau	Uniclina	ordre de grandeur	forte incertitude
	37	PAC Eau-Eau	Uniclina	ordre de grandeur	forte incertitude
	38	PAC Sol-Eau et Sol-Sol	Uniclina	ordre de grandeur	forte incertitude
Climatisation mobile	39	Chauffe-eau thermodynamique	Clim Info	ordre de grandeur	forte incertitude
	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.	pas de donnée	marché = production	incertitude faible
	44	Climatisation des tramways	pas de donnée	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
	44	Climatisation des tramways	15	analogie trains

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.
Froid commercial	2	Supermarchés	Hypothèses basées sur les communications d'un échantillon de magasins (taux d'émissions, fluides). Pas de suivi national. Estimation des parts des systèmes indirects (tendance), de la durée de renouvellement des installations (fixée à 15 ans)
	3	Hypermarchés	Même chose pour les hypermarchés
	4	Groupes hermétiques présents dans les petits commerces et les distributeurs automatiques	Pas de données marchés ni productions d'équipements. Adaptation de la méthode de calcul basée sur l'estimation d'un niveau d'équipement type par magasin.
	5	Groupes de condensation présents dans les petits commerces	<i>id</i>
Transports frigorifiques	6	Groupes poulies-courroies utilisés dans les transports routiers	Incertitude forte sur la filière de récupération
	7	Groupes indépendants utilisés dans les transports routiers	Incertitude sur la filière de récupération et estimation approchée 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, pris en compte métropole uniquement.
	9	Reefers	<i>id</i>
Industries	10	Industrie agroalimentaire de la viande	Pas de mises à jour des ratios de puissance utilisés dans la méthode de calcul. Incertitude moyenne sur les courbes de pénétration des systèmes indirects et l'évolution précise des fluides utilisés.
	11	Industrie agroalimentaire du poisson	<i>id</i>
	12	Industrie agroalimentaire des produits laitiers	<i>id</i>
	13	Industrie agroalimentaire du chocolat	<i>id</i>
	14	Industrie agroalimentaire des boissons gazeuses	<i>id</i>
	15	Industrie agroalimentaire de la bière et du vin	<i>id</i>
	16	Industrie agroalimentaire des produits surgelés	<i>id</i>
	17	Entrepôts frigorifiques	<i>id</i>
	18	Tanks à lait utilisés dans l'industrie agroalimentaire	Pas de données marché ni production.
	19	Patinoires	Pas de données précises sur le renouvellement des installations et les patinoires mobiles.
	20	Industrie chimie lourde	Peu de communication des sites de production. Evolution tendancielle selon estimation expert
21	Industrie pharmaceutique	Peu de communication des sites de production. Evolution tendancielle selon estimation expert	
22	Industrie du caoutchouc	Faible incertitude car seulement deux sites de productions en France. Bonne communication.	
Groupes refroidisseurs à eau	23	Chillers de type centrifuge	pas de données précises productions - tendances tendances ratios de charge
	24	Chillers à compresseur volumétrique de petite puissance	Moyenne. Pas de données précises productions - tendances & tendances ratios de charge
	25	Chillers à compresseur volumétrique de moyenne puissance	Moyenne. Pas de données précises productions - tendances & tendances ratios de charge
	26	Chillers à compresseur volumétrique de forte puissance	Moyenne. 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. Assez 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	Campagne de mesure taux d'émissions ancienne. Taux de dégradation à revalider.
	41	Climatisation des véhicules industriels	Idem
	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
	44	Climatisation des tramways	part des tramways climatisés

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 44 sous-secteurs. Le sous-secteur des tramways a été ajouté dans le domaine de la climatisation embarquée. Les résultats sont présentés selon les 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).

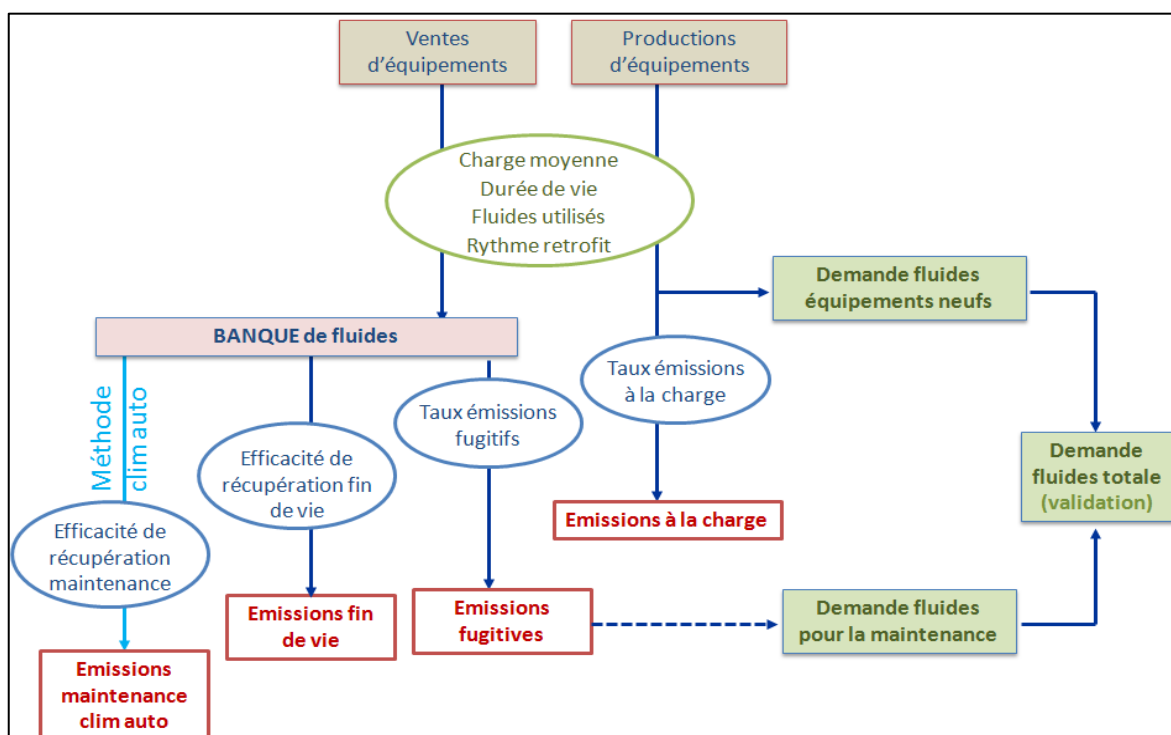


Figure II-1 - Méthode de calcul

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. Ces émissions sont désormais calculées en fonction d'un coefficient propre à chaque secteur, de façon à pouvoir prendre en compte les spécificités de chaque application et notamment un niveau moindre pour les équipements chargés d'usine. Les taux d'émissions à la charge varient entre 2 et 5 % selon les domaines.

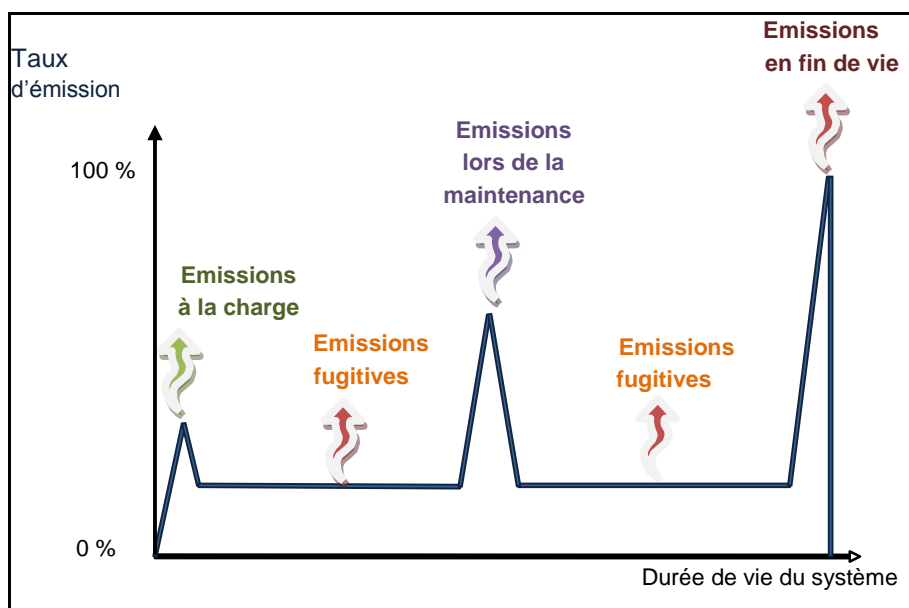


Figure II-2 – Emissions au cours de la vie de l'équipement

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 (Figure II-3). 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.

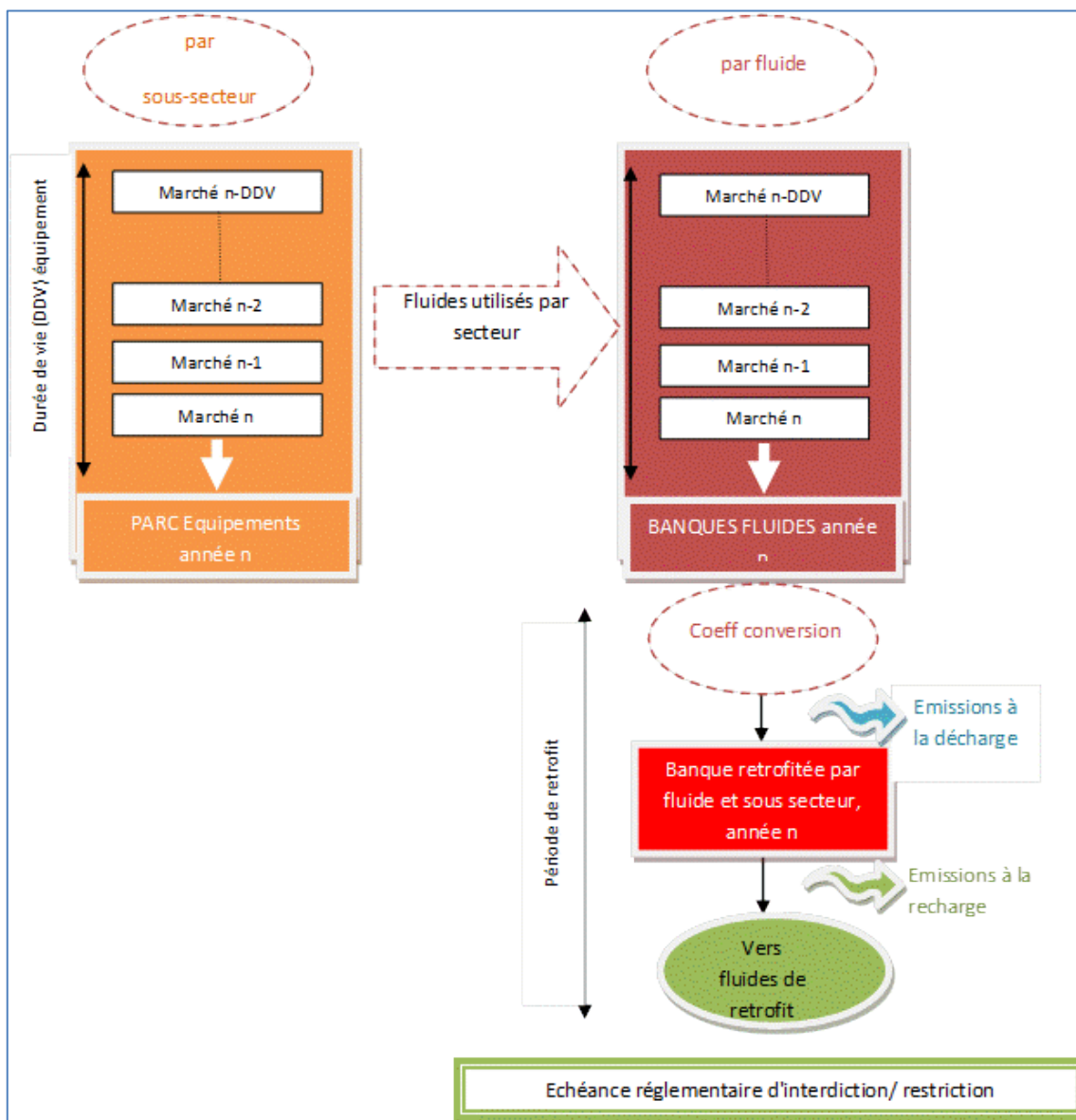


Figure II-3 - Méthode de calcul du retrofit

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 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 [ROY15] (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 sont jugées représentatives par l'ADEME. Une étude plus détaillée, en collaboration avec l'ADEME a permis cette année de mieux comprendre les chiffres déclarés et de mettre en évidence les données qui pouvaient être rapprochées de la demande calculée par RIEP. 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.

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 prochain chapitre (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 2014. 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 PRG 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 2014.

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 [ROY15] 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 [OFF15]. Une correction a été établie dans ces inventaires, les données de mises sur le marché données par l'OFF précédemment prises en compte ne correspondant pas à celles du SNEFCCA ni à celles calculées par RIEP. Par ailleurs, les données OFF 2013 ont été corrigées par l'ADEME à la suite de corrections faites par les déclarants.

III.2 - Analyse du marché des fluides frigorigènes

III.2.1 - Résultats 2014 de la demande totale calculée

Pour 2014, la demande totale est estimée à 9 840 t par RIEP. Elle est en décroissance de 1,8 % par rapport à 2013 (Figure III-1). Elle est constituée à 88 % de HFC et à 7 % de HCFC, demande qui correspond au besoin pour la maintenance du parc résiduel. La demande est dominée par celle du R-134a (3 390 t) et du R-404A (3 500 t).

- Le R-134a est utilisé dans de nombreux secteurs mais près 45 % de son marché est encore lié à la climatisation embarquée.
- Les deux tiers de la demande en R-404A servent à la maintenance des installations de froid commercial et industriel.
- Le marché du R-410A, fortement utilisé en climatisation à air (demande utilisée à 43 % par ce secteur) est en baisse de 12 % par rapport à 2013 et est estimé à environ 1 000 t en 2014.
- Le marché des fluides "de remplacement" en baisse depuis 2010, se stabilise à environ 400 tonnes en 2014, tous fluides confondus.

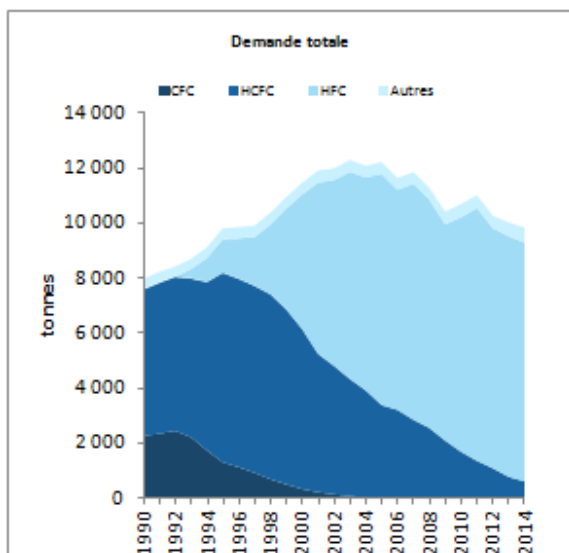


Figure III-1 Evolution de la demande totale en fluides frigorigènes en France métropole de 1990 à 2014

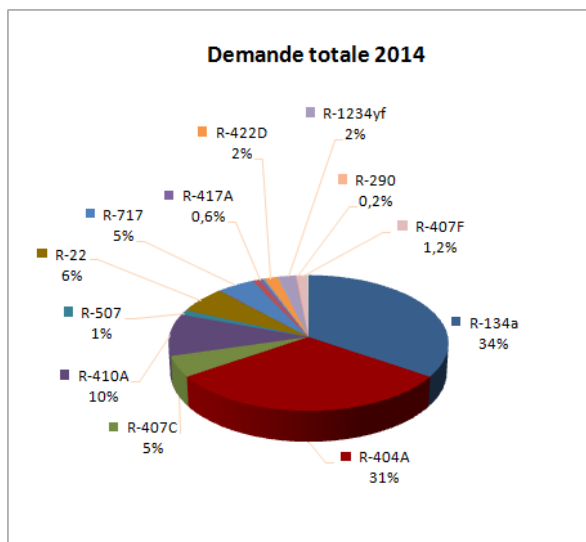


Figure III-2 - Répartition des fluides sur la demande totale calculée en 2014

Le besoin pour la maintenance des installations aux HCFC est estimé à un peu plus de 600 t en 2014 mais est marqué d'une forte incertitude. En effet, il a été calculé à partir des hypothèses de durées de vie moyennes, d'un certain rythme de retrofit, etc. qui peuvent fortement varier en période de transition. Par ailleurs, il convient de noter qu'un peu plus de 100 t sont attribuables au secteur maritime, traité au niveau international et dont la maintenance pourrait être faite ailleurs qu'en France.

Tableau III-1 - Evolution de la **Demande totale** en fluides frigorigènes 1990 - 2014

	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	2 292	5 316	0	349	7 957
1991	2 372	5 478	0	367	8 218
1992	2 478	5 589	0	350	8 417
1993	2 249	5 761	328	353	8 690
1994	1 769	6 113	858	379	9 119
1995	1 332	6 884	1 209	386	9 811
1996	1 156	6 843	1 451	405	9 855
1997	956	6 786	1 763	402	9 908
1998	717	6 723	2 518	420	10 378
1999	535	6 355	3 643	421	10 955
2000	362	5 817	4 872	426	11 477
2001	244	5 028	6 207	440	11 919
2002	166	4 676	6 722	435	11 999
2003	104	4 259	7 504	436	12 304
2004	56	3 890	7 717	435	12 099
2005	38	3 375	8 385	434	12 233
2006	25	3 211	7 979	438	11 653
2007	17	2 863	8 557	434	11 871
2008	9	2 574	8 288	428	11 298
2009	3	2 121	7 840	449	10 414
2010	1	1 712	8 507	479	10 699
2011	1	1 389	9 166	470	11 026
2012	0	1 118	8 704	446	10 268
2013	0	804	8 733	486	10 023
2014	0	640	8 657	541	9 838

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 (Figure III-3). Les demandes totales en fluides frigorigènes sont estimées à 2 700 t pour le froid commercial et 2 200 t pour le froid industriel en 2014.

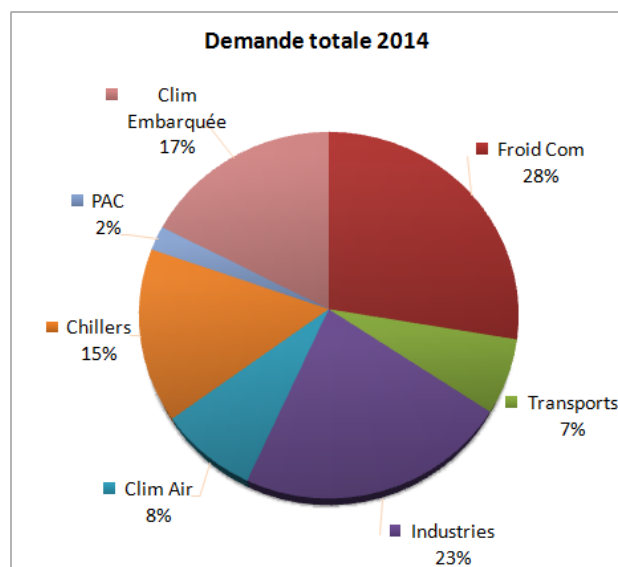


Figure III-3 Répartition sectorielle de la demande totale en fluides frigorigènes 2014

Etant donnée la forte utilisation de l'ammoniac en froid industriel, la demande, rapportée aux HFC seuls, n'est que de 18 % pour ce secteur.

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

La méthode de calcul de RIEP permet de reconstituer le besoin en fluides frigorigènes pour les équipements neufs (production en France et charges sur site), les conversions d'installations et la maintenance des équipements formant le parc français. Le SNEFCCA [ROY15] recense les déclarations de mises sur le marché des producteurs et distributeurs de fluides frigorigènes depuis 2000. Ces déclarations correspondent à la demande estimée par RIEP: il s'agit des quantités de fluides bruts mises sur le marché français, incluant les ventes aux producteurs pour la production de pré-chargés en France mais excluant les quantités mises sur le marché français par le biais des équipements pré-chargés (vendus). Historiquement, 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 au SNEFCCA a permis de montrer la cohérence des résultats du calcul d'inventaires et en a constitué la principale étape de validation (Figure III-4).

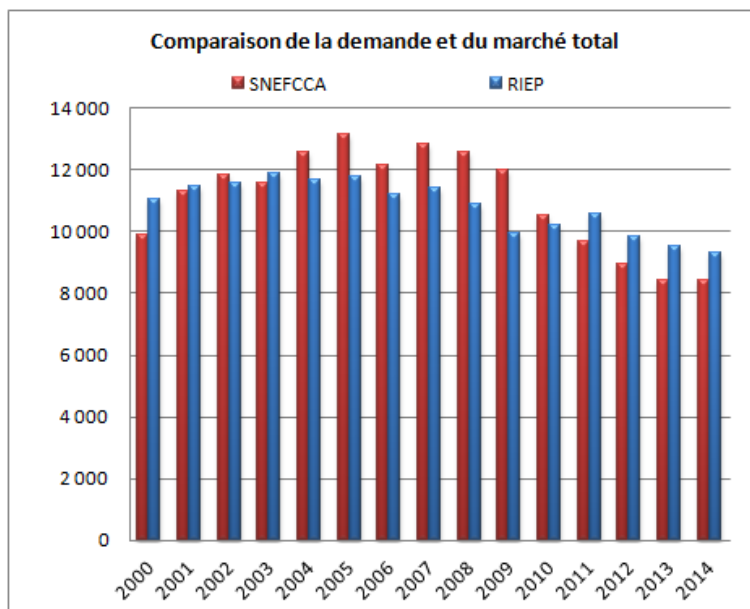


Figure III-4 - Comparaison des marchés déclarés (SNEFCCA) et des demandes calculées (RIEP)

Le marché déclaré par les producteurs de fluides frigorigènes au SNEFCCA et la demande évaluée par RIEP sont globalement cohérents, de 2000 à 2014. L'écart maximum de 17 % en 2009 s'explique 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. Au cumulé depuis 2000, l'écart avec les déclarations SNEFCCA est de seulement 2 %.

Depuis 2009, l'OFF (Observatoire des Fluides Frigorigènes) de l'ADEME centralise également des déclarations de mises sur le marché et, depuis 2013, dans un nouveau de système déclaratif (SYDEREP). Depuis 2010, les déclarations faites auprès de l'Observatoire des Fluides Frigorigènes sont jugées représentatives par l'ADEME, mise à part l'année 2013 du fait du nouveau système déclaratif mis en place. Cependant des écarts incohérents ont été notés entre les déclarations OFF et l'estimation RIEP mais aussi entre les déclarations OFF et celles du SNEFCCA. Cette année, une étude plus détaillée, en collaboration avec l'ADEME, a permis de mieux comprendre les chiffres déclarés et de mettre en évidence les données qui pouvaient être réellement rapprochées de la demande calculée par RIEP.

Les quantités mises sur le marché sont définies dans des cadres différents: dans le cas des déclarations à l'OFF, elles englobent à la fois les fluides bruts et les fluides mis sur le marché dans les équipements pré-chargés. De plus, les déclarations de mises sur le marché de fluides bruts sont faites par les producteurs de fluides, mais aussi par les producteurs d'équipements qui peuvent importer ou introduire des fluides pour la fabrication d'équipements pré-chargés en France. Cependant, les producteurs d'équipements pré-chargés déclarent aussi les quantités mises sur le marché par le biais des équipements pré-chargés, ce qui n'est pas pris en compte dans la "demande" estimée par RIEP puisqu'elle traduit seulement le besoin pour la production, la charge et la maintenance en France. Avant 2013, les déclarations des producteurs d'équipements pré-chargés étaient constituées d'une seule indication de mise sur le marché globale. Depuis 2013, les producteurs d'équipements dissocient les volumes de brut et de pré-chargés dans leurs déclarations: il est donc possible d'isoler les quantités de fluides bruts introduites et importées pour la production des équipements de pré-chargés en France de celles contenues dans les équipements mis sur le marché. La "demande" évaluée par RIEP peut donc être reconstituée à partir des données décomposées des déclarations à l'OFF à partir de 2014. Auparavant, les données n'étaient en fait pas comparables.

Par ailleurs, les exportations sont incluses dans les déclarations de mises sur le marché déclarées à l'OFF, ce qui n'est pas le cas, ni dans les déclarations SNEFCCA, ni dans les calculs RIEP.

Se pose également la question des stocks. Il a été considéré, dans les comparaisons suivantes, que le stock de l'année en cours devait être soustrait du marché car il ne correspondait pas au besoin calculé par RIEP. En revanche, il faut prendre en compte le stock de l'année 2013 puisqu'il est utilisé pour satisfaire le besoin en 2014. On obtient donc, en ne prenant en compte que les déclarations concernant le fluide brut:

$$(1) \text{ Demande}_{\text{RIEP}} = (\text{fabrication} + \text{introduction} + \text{importation} - \text{exportations} + \text{stock}_{n-1} - \text{stock}_n)_{\text{producteurs fluides}} + (\text{introduction} + \text{importation} - \text{exportations} + \text{stock}_{n-1} - \text{stock}_n)_{\text{producteurs pré-chargés}}$$

Les déclarations SNEFCCA correspondent aux quantités mises sur le marché, hors effet de stocks, et devraient être équivalentes à la demande calculée par RIEP lorsque les stocks varient peu d'une année sur l'autre. On peut également établir une comparaison entre les données SNEFCCA et OFF par:

$$(2) \text{ Marché}_{\text{SNEFCCA}} = (\text{fabrication} + \text{introduction} + \text{importation} - \text{exportations})_{\text{producteurs fluides}} + (\text{introduction} + \text{importation} - \text{exportations})_{\text{producteurs pré-chargés}}$$

Les fichiers détaillés transmis par l'OFF montrent que, ponctuellement, pour certains fluides et certaines années, les stocks peuvent être importants et varier d'une année sur l'autre.

Lors du travail de comparaison, il a été mis en évidence que des erreurs ponctuelles de déclarations à l'OFF pouvaient également fausser les estimations globales (erreur d'unité par exemple). Mais elles ne sont pas toujours faciles à détecter et nécessitent une analyse fluide par fluide, et parfois de vérifier qu'un des déclarants n'a pas exceptionnellement effectué une déclaration anormalement élevée. Les comparaisons progressent mais nécessiteront certainement encore des ajustements l'an prochain. Un rectificatif de 1 700 t a déjà été fait entre l'édition 2013 de l'OFF et celle de 2014 sur les déclarations 2013, à la suite de vérifications très détaillées. Dans les comparaisons suivantes, les chiffres tiennent compte d'une correction du stock 2013 de R-404A faite après la publication du rapport OFF 2014 (il passe de 2 323 t à 541 t).

Pour cette édition d'inventaires, nous ne présentons que les résultats comparables selon notre première analyse, soit, pour l'année 2014 :

- la demande RIEP
- la demande "reconstituée" à partir des données déclarées à l'OFF (selon (1));
- le marché déclaré au SNEFCCA;
- le marché "reconstitué" à partir des données déclarées à l'OFF (équation (2)).

En 2014, le marché total de fluides frigorigènes fluorés déclaré au SNEFCCA est de 8 430 t et, selon les données de l'OFF, le marché équivalent peut être estimé à 10 125 t, soit un écart de 20 %.

La demande (1), en tenant compte des stocks est évaluée à 10 160 t selon les données de l'OFF.

Selon RIEP, le besoin en gaz fluorés est évalué à 9 300 t, soit 10 % de plus que le chiffre du SNEFCCA et 8 % de moins que celui de l'OFF.

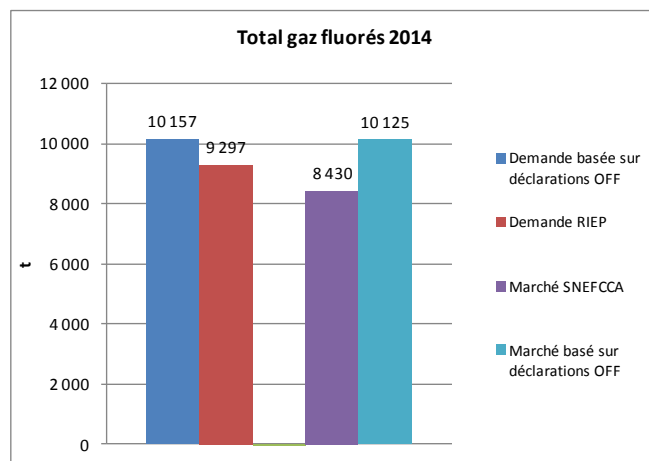


Figure III-5 - Comparaison de la demande calculée par RIEP avec les marchés déclarés à l'OFF et au SNEFCCA

Dans le cas des HCFC, depuis 2010, il s'agit d'un marché de fluides régénéré. En 2014, le marché de HCFC régénéré déclaré au SNEFCCA est de 325 t contre un besoin estimé à 640 t estimé par RIEP. Selon l'OFF, les quantités de HCFC déclarées chargées par les opérateurs sont de 359 t en 2014 [OFF15]. La demande calculée de HCFC peut présenter un écart important avec le marché déclaré du fait de stocks effectués préalablement, de l'utilisation de fluides récupérés d'autres installations ou d'un besoin non satisfait pour la maintenance. 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 Figure III-6 présente les comparaisons pour le marché et la demande de HFC.

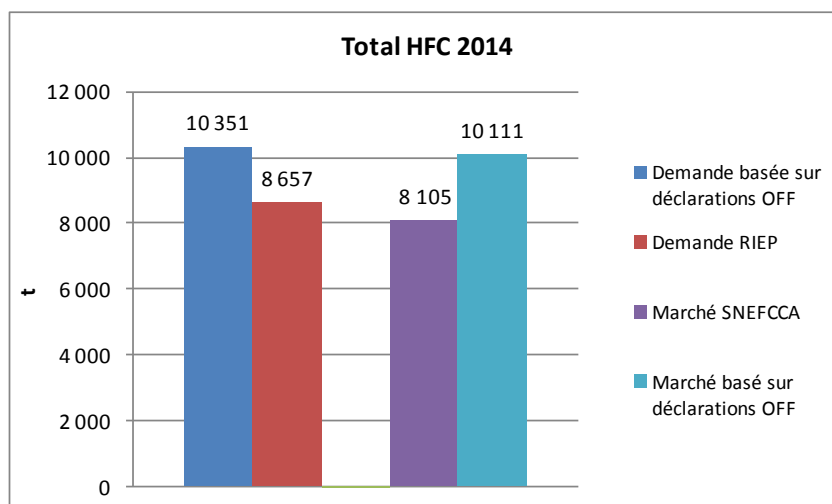


Figure III-6 - Comparaison de la demande de HFC calculée par RIEP avec les marchés déclarés à l'OFF et au SNEFCCA

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 7 % en 2014. En 2014 la demande RIEP sous-estime la demande OFF de 16 % (Figure III-6).

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.

La demande de R-134a calculée par RIEP en 2014 est de 3 390 t. Le marché SNEFCCA de R-134a était globalement bien approché par la demande calculée jusqu'en 2012 mais la demande de R-134a, estimée par RIEP est supérieure de 38 % au marché déclaré au SNEFCCA (2 450 t) en 2014 et un écart de 20 % pouvait déjà être observé sur les niveaux 2013.

En revanche, la demande équivalente basée sur les données OFF (1) est de 3 762 t et ne présente un écart que de 10 % avec la demande RIEP.

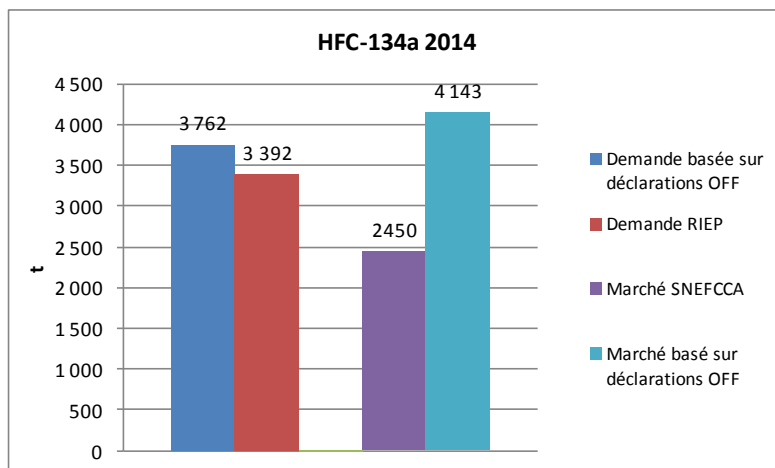


Figure III-7- Comparaison de la demande estimée et des marchés déclarés de HFC-134a

Une partie de l'explication des écarts peut donc être attribuée aux stocks qui étaient de l'ordre de 800 t par an sur la période 2009-2012 selon l'OFF et qui varient fortement sur 2013-2014 (1900 t en 2013 et 2 328 t en 2014). Cependant, ce point reste à confirmer, le marché de maintenance liée à la climatisation automobile évalué par le modèle de calcul prenant en compte une dégradation annuelle de l'étanchéité du système nécessitant d'être revalidé par des données plus récentes. De plus, les écarts importants entre le marché SNEFCCA et le marché équivalent OFF doivent être explicités.

La Figure III-8 présente la comparaison de la demande cumulée de R-404A et R-507 aux marchés déclarés au SNEFCCA et à la demande et au marché équivalent basé sur les déclarations à l'OFF. L'ensemble des valeurs est cohérent.

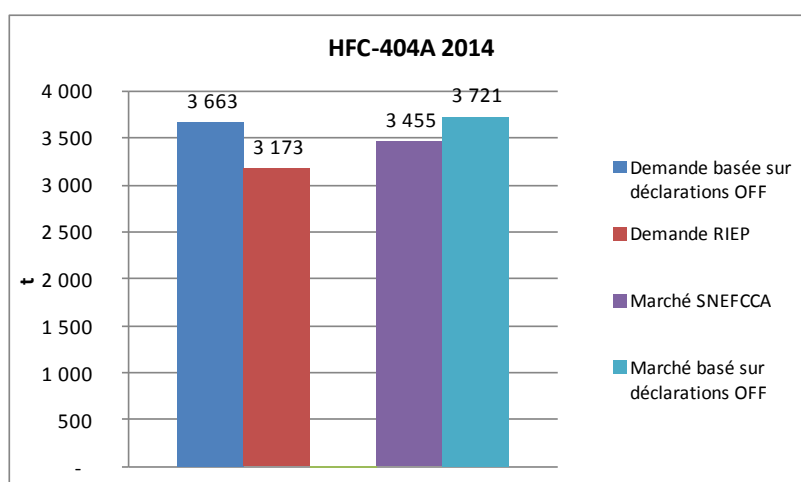


Figure III-8 - Comparaison de la demande estimée au marché déclaré de R-404A et de R-507A

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. Par ailleurs, lors de l'enquête 2014, il est apparu que bien que de nombreuses communications fassent état de l'utilisation de systèmes cascades CO2/R-134a ou de fluides frigorigènes à plus bas PRG tels que le R-407A, de nombreuses installations neuves au R-404A ont encore été installées sur la période 2012-2014, en froid commercial notamment. La part du R-404A dans les fluides utilisés sur les marchés neufs a été revue à la hausse sur 2012-2014, comme il l'est expliqué dans le chapitre Froid Commercial.

L'écart entre la demande RIEP et le marché SNEFCCA sur 2014 est de 8 %; il est de 13 % avec l'OFF. Les déclarations OFF et SNEFCCA sont cohérentes pour ce fluide, les stocks 2013 et 2014 de R-404A étant de même ordre.

Les précédentes études d'inventaires ont montré que les niveaux de marchés pour les autres HFC étaient assez bien représentés par le calcul RIEP. Cependant, en 2014, les demandes de R-407C et R-410A calculées par RIEP sous-estiment les marchés déclarés au SNEFCCA de 10 et 21 % respectivement. Ces écarts sont confirmés par les comparaisons avec l'OFF. Les données statistiques fournies par Clim'Info pour 2014 étant moins détaillées que les années précédentes, des estimations ont dû être faites qui peuvent en partie expliquer les écarts. De plus, le modèle de calcul utilisé pour établir la demande pour la maintenance des équipements de climatisation à air conduit à une demande oscillante et particulièrement basse cette année, ce qui peut expliquer une partie des écarts. Une révision sera entreprise dans les prochains inventaires.

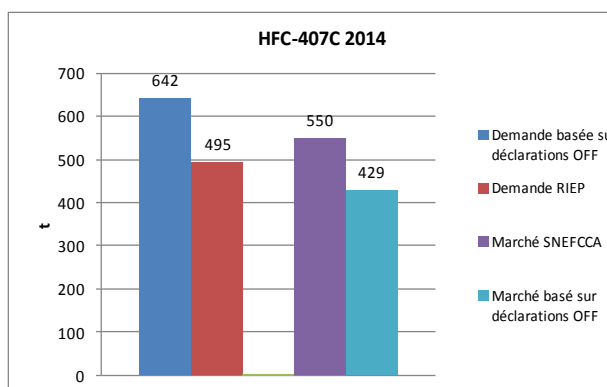


Figure III-9 — Comparaison de la demande estimée aux marchés déclarés de R-407C

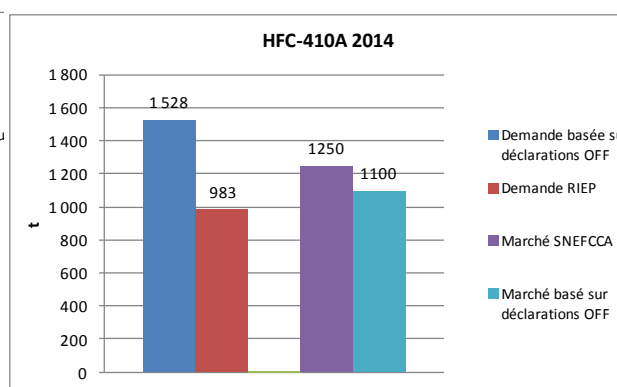


Figure III-10 — Comparaison de la demande estimée au marché déclaré de R-410A

Depuis 2013, les déclarations faites à l'OFF par les opérateurs distinguent les quantités chargées lors de la mise en service des équipements de celles utilisées pour la maintenance des équipements. L'écart entre les quantités déclarées et calculées est d'environ 10 %, ce qui tend à montrer que globalement, les hypothèses prises pour les taux d'émissions des installations sont cohérentes.

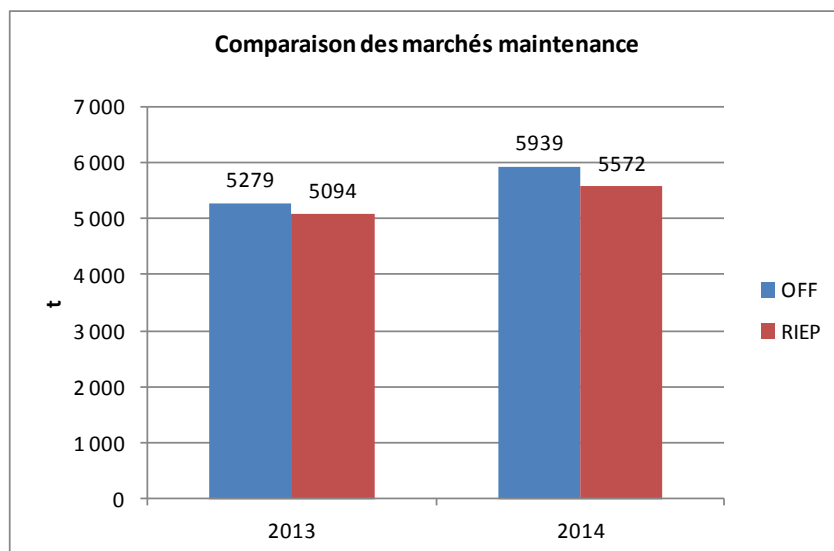


Figure III-11 - Comparaison des marchés déclarés et de la demande calculée pour la maintenance

Si globalement la demande évaluée par RIEP est cohérente avec les données SNEFCCA depuis 2000 et avec les données OFF 2014 ré-analysées, il reste des écarts difficiles à comprendre sur l'année 2014 pour le R-134a et le R-410A. Il convient de souligner que, pour le R-134a, les déclarations OFF et SNEFCCA présentent un écart supérieur à 50 %, ce qui rend l'analyse encore plus délicate.

Une partie des écarts concernant le R-134a (Figure III-12) peut être liée à l'estimation du marché maintenance de climatisation automobile. Celui-ci est estimé à 670 t par RIEP en 2014. Il dépend du taux de dégradation appliqué au taux d'émissions fugitives dans le modèle de calcul établi sur la base des données 2008-2009. Il serait nécessaire de connaître le marché de R-134a lié à la maintenance en climatisation automobile pour vérifier que le modèle est toujours adapté.

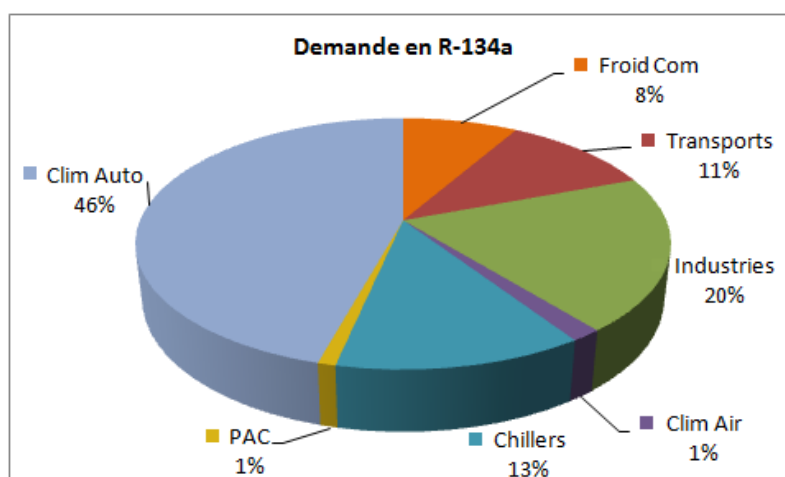


Figure III-12 Répartition sectorielle de la demande estimée de R-134a en 2014

Cette année, la décomposition du marché d'équipements par type de fluide transmise généralement par Clim'Info pour les applications de la climatisation à air et des chillers n'a pas pu nous être communiquée. De même, les statistiques de marchés de chillers ne nous ont pas été communiquées par gamme de puissance. Les tendances observées sur 2013 ont donc été prolongées. Ces secteurs utilisant le R-134a, le R-410A et le R-407C, une approximation des données marchés et des fluides utilisés pourrait expliquer une partie des écarts observés dans les comparaisons précédentes.

Enfin, la demande de R-134a en froid industriel a été supposée croissante, par l'introduction de systèmes cascade notamment; elle représente 570 t en 2013 et 670 t en 2014, soit 20 % de la

demande totale de R-134a. Ce point sera à confirmer par l'enquête des prochains inventaires. Par ailleurs, un complément d'analyse, en collaboration avec l'OFF et le SNEFCCA, devrait permettre de comprendre les divergences de déclarations remarquées sur certains fluides.

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 2014 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 2014. Elle est en croissance de 8 % par rapport à 2013.

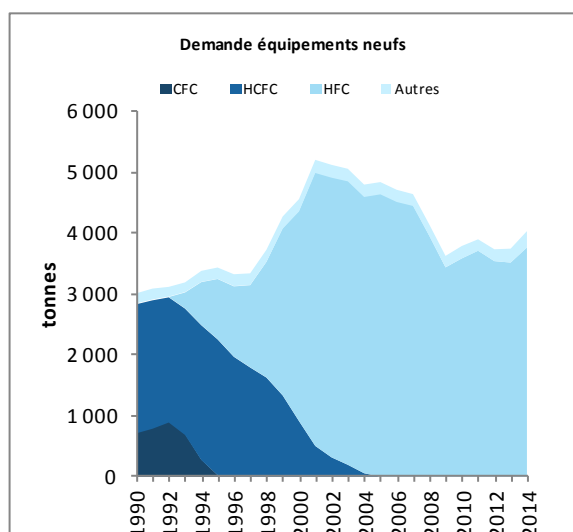


Figure III-13 Demande en fluides frigorigènes pour les équipements neufs en France métropole

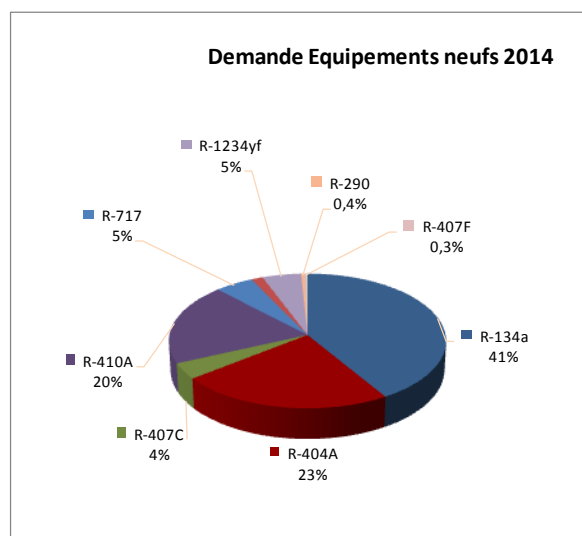


Figure III-14 Répartition des fluides utilisés pour les équipements neufs en France métropole

La demande 2014 pour les équipements neufs (Figure III-14) est toujours dominée par le HFC-134a (1 660 t) avec un retour à la croissance de la production automobile en 2014, puis par le R-404A (930 t) encore très présent dans les nouvelles installations de froid commercial et froid industriel, et enfin le R-410A (790 t), 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 2014

	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	713	2 119	-	166	2 998
1991	788	2 108	-	181	3 077
1992	891	2 055	-	161	3 106
1993	686	2 074	259	161	3 180
1994	274	2 213	702	183	3 372
1995	28	2 227	985	187	3 427
1996	12	1 956	1 151	197	3 316
1997	-	1 794	1 345	192	3 331
1998	-	1 628	1 893	201	3 722
1999	-	1 335	2 738	202	4 275
2000	-	914	3 444	206	4 564
2001	-	506	4 491	219	5 216
2002	-	318	4 601	214	5 133
2003	-	197	4 662	209	5 068
2004	-	58	4 541	206	4 805
2005	-	1	4 642	204	4 846
2006	-	0	4 516	203	4 719
2007	-	0	4 450	197	4 647
2008	-	0	3 952	192	4 144
2009	-	0	3 431	190	3 621
2010	-	0	3 578	207	3 785
2011	-	0	3 704	191	3 896
2012	-	0	3 533	197	3 730
2013	-	0	3 510	231	3 741
2014	-	0	3 758	274	4 032

Répartition sectorielle de la demande en fluides frigorigènes

En 2014, la reprise de la production automobile et les hypothèses de renouvellement des équipements de froid commercial conduisent à faire apparaître ces deux secteurs aux premiers rangs de la demande pour les équipements neufs (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.

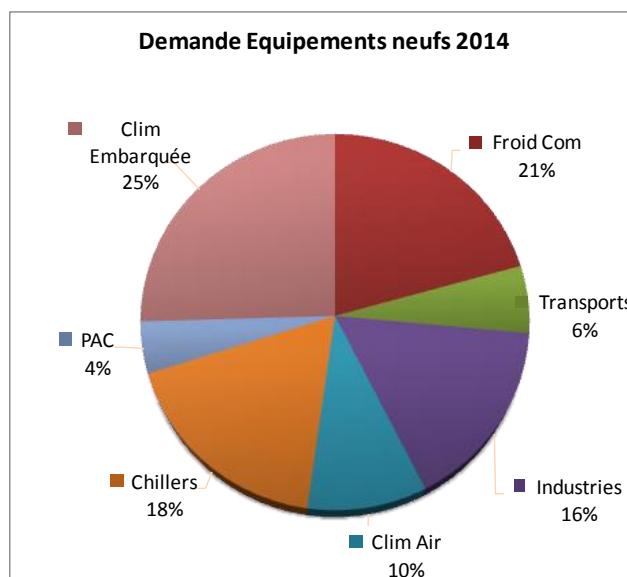


Figure III-15 – Répartition sectorielle de la demande en fluides frigorigènes pour les équipements neufs

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

Le besoin de fluides frigorigènes nécessaire au retrofit des installations aux HCFC est significative depuis 2009, mais elle est en décroissance sur 2012-2014, du fait de la période de révision de la réglementation "F-Gas". Elle est estimée à 460 t en 2014 et dominée par le R-134a et les fluides dits "de remplacement".

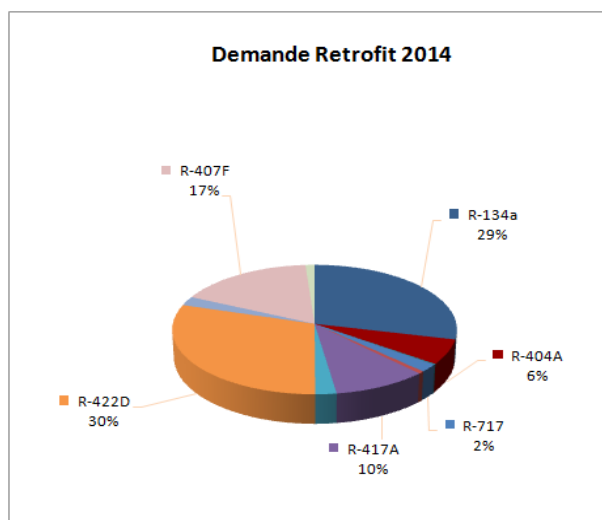


Figure III-16 Répartition des fluides utilisés pour les retrofits d'installations en France métropole

Tableau III-3 - Demande en fluides frigorigènes pour les retrofits d'installations de 1990 à 2014

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	1 007
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 5 300 t en 2014. Elle est cohérente avec les déclarations faites par les

opérateurs à l'OFF. Une décroissance, de 8 %, par rapport au niveau de 2013, est observée. Elle peut s'expliquer par la stabilité de la banque et la tendance plutôt à la baisse des taux d'émissions.

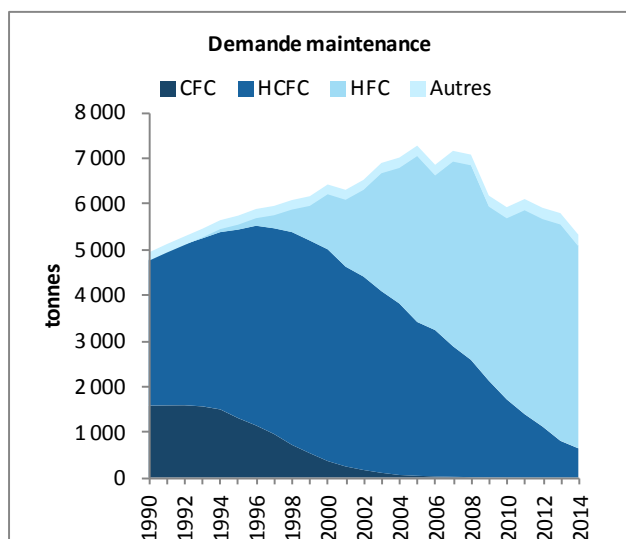


Figure III-17 Demande en fluides frigorigènes pour la maintenance des équipements du parc de France métropole

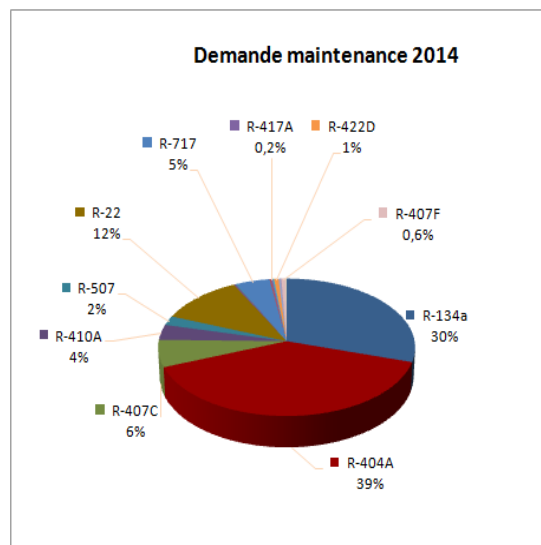


Figure III-18 Répartition des fluides utilisés pour la maintenance du parc des équipements de France métropole

Tableau III-4 - Demande en fluides frigorigènes pour la maintenance de 1990 à 2014

	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	1 579	3 197	-	183	4 959
1991	1 584	3 370	-	187	5 141
1992	1 587	3 535	-	189	5 311
1993	1 562	3 687	38	192	5 480
1994	1 495	3 891	86	196	5 668
1995	1 304	4 138	127	199	5 768
1996	1 143	4 383	185	203	5 914
1997	956	4 514	305	206	5 981
1998	717	4 669	513	209	6 109
1999	535	4 666	780	212	6 193
2000	362	4 647	1 227	215	6 451
2001	244	4 384	1 487	219	6 334
2002	166	4 244	1 922	221	6 553
2003	104	3 986	2 607	227	6 924
2004	56	3 763	2 994	228	7 041
2005	38	3 375	3 661	231	7 304
2006	25	3 211	3 413	235	6 883
2007	17	2 863	4 073	237	7 190
2008	9	2 573	4 289	235	7 106
2009	3	2 121	3 841	242	6 207
2010	1	1 712	3 994	245	5 953
2011	1	1 389	4 495	247	6 131
2012	0	1 118	4 573	248	5 939
2013	0	804	4 768	250	5 822
2014	-	640	4 454	255	5 349

La demande en R-22 est, à l'image du parc d'installations, en forte baisse et constitue moins de 12 % de la demande pour la maintenance en 2014.

Les taux d'émissions des installations de froid commercial et industriel étant toujours élevés, le marché maintenance est toujours dominé par le R-404A avec près de 2 100 t (Figure III-18). La demande en R-134a, de 1 600 t en 2014, représente près d'un tiers de la demande pour la maintenance du parc.

Répartition sectorielle de la demande en fluides frigorigènes pour la maintenance

La demande pour la maintenance est dominée par le froid commercial et le froid industriel 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 13 % en 2014, liée aux hypothèses de dégradation du taux d'émission du modèle de calcul et de renouvellement du parc. Ce point est à valider.

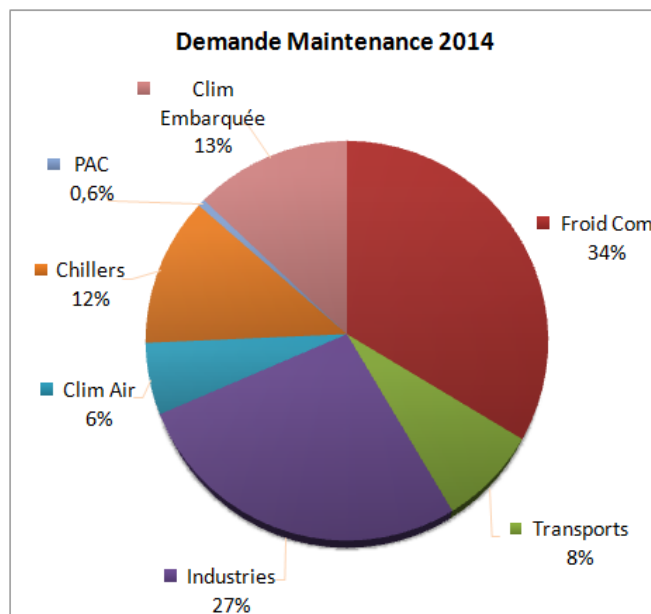


Figure III-19 – Répartition sectorielle de la demande en fluides frigorigènes pour la maintenance

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, des marchés annuels et des fluides utilisés.

Répartition par fluide

En 2014, la banque totale de fluides frigorigènes en France métropole est stable par rapport à 2013 (+0,9 %) et estimée à 58 500 tonnes. Elle est dominée par le R-134a (Figure III-21) et le secteur de la climatisation automobile (Figure III-23). Du fait des retrofits et fins de vie d'installations, la banque de HCFC, fortement décroissante, est réduite à 3 400 tonnes.

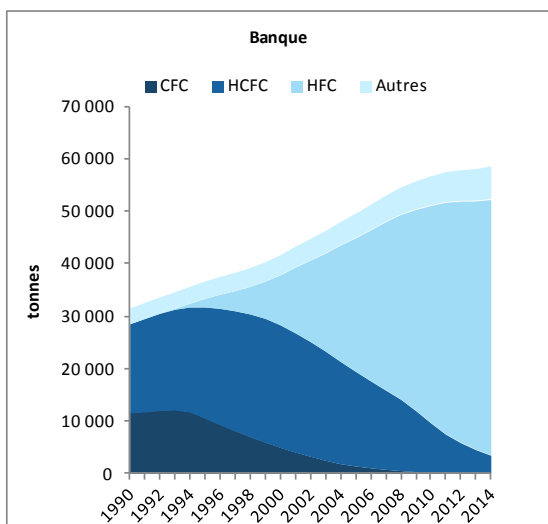


Figure III-20 Banque de fluides frigorigènes en France métropole

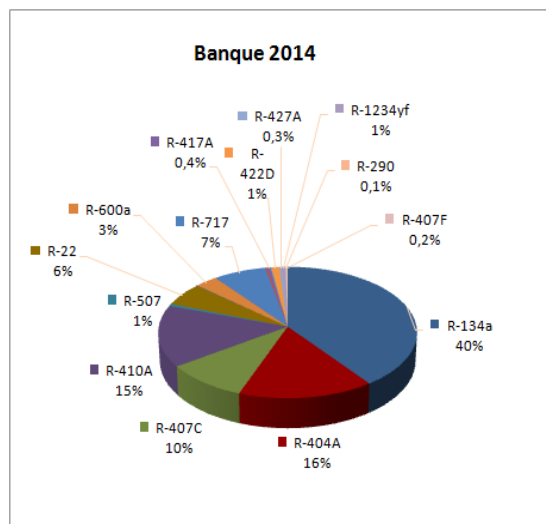


Figure III-21 Répartition des fluides formant la banque de France métropole

Tableau III-5 - Evolution de la **banque** de fluides frigorigènes de 1990 à 2014

	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	11 462	17 009	-	3 008	31 478
1991	11 677	17 802	-	3 065	32 544
1992	11 935	18 541	2	3 104	33 583
1993	12 030	19 224	165	3 142	34 561
1994	11 653	20 018	746	3 197	35 614
1995	10 440	21 235	1 654	3 266	36 595
1996	9 219	22 183	2 727	3 352	37 481
1997	8 034	22 908	3 877	3 438	38 257
1998	6 917	23 422	5 289	3 540	39 168
1999	5 877	23 624	7 141	3 645	40 288
2000	4 879	23 382	9 576	3 759	41 595
2001	3 999	22 729	12 587	3 898	43 213
2002	3 207	21 868	15 578	4 045	44 697
2003	2 446	20 806	18 731	4 206	46 190
2004	1 797	19 482	22 253	4 378	47 911
2005	1 368	18 034	25 505	4 559	49 466
2006	1 021	16 569	28 840	4 747	51 177
2007	738	15 091	32 164	4 927	52 920
2008	500	13 590	35 284	5 096	54 470
2009	310	11 617	38 419	5 274	55 620
2010	174	9 411	41 522	5 478	56 585
2011	78	7 331	44 310	5 661	57 380
2012	20	5 770	46 136	5 812	57 738
2013	0	4 477	47 490	5 983	57 950
2014	-	3 407	48 856	6 201	58 465

Répartition sectorielle de la banque de fluides frigorigènes

L'allure sectorielle de la banque évolue peu sur les dernières années (Figure III-22). Le parc automobile climatisé domine la banque totale, devant les installations aux fortes charges du froid industriel et des chillers. La part du froid commercial ne représente plus que 12 % de la banque totale, grâce au renouvellement des installations centralisées vers des systèmes indirects ou cascade. 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), la banque de la climatisation fixe se retrouve au même niveau que celle de la climatisation embarquée.

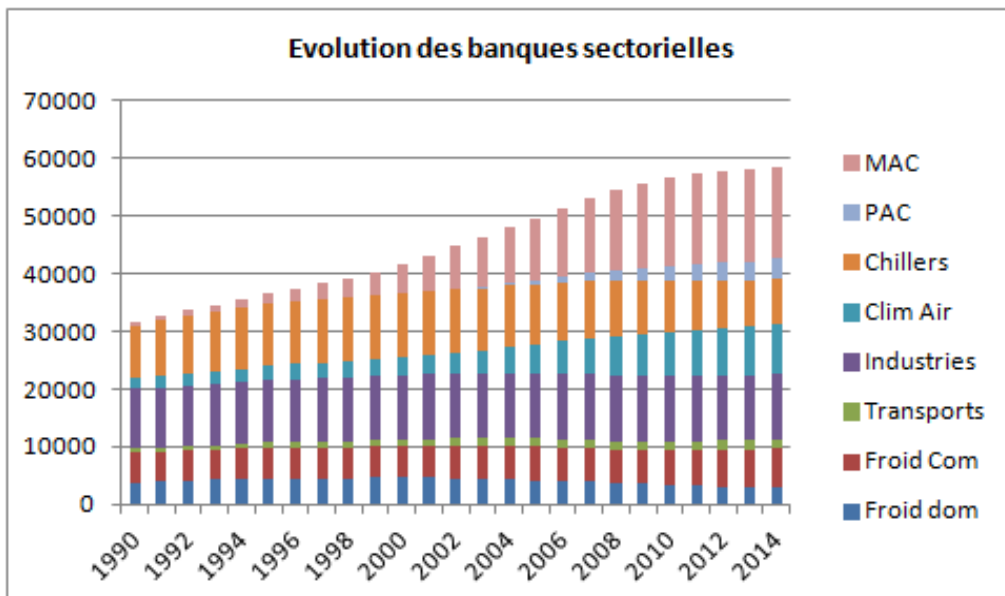


Figure III-22 - Evolution des banques par secteur

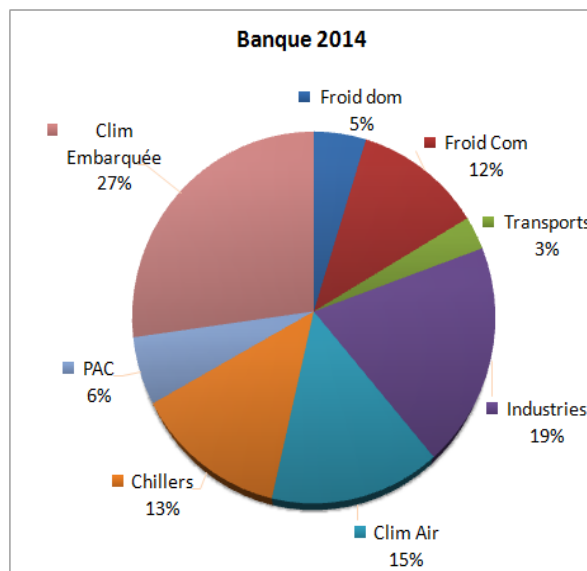


Figure III-23 - Répartition sectorielle de la banque de fluides frigorigènes

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 se produisant lors du démantèlement des installations ayant atteint leur fin de vie.

Répartition par fluide

Les émissions totales sont en lente décroissance depuis 2007, de 1 % par rapport à 2013, et évaluées à 8 000 t de fluides frigorigènes pour 2014, constituées à 85 % de HFC.

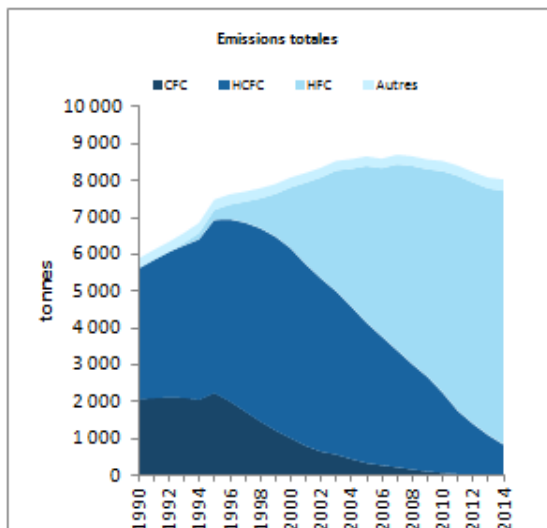


Figure III-24 Emissions de fluides frigorigènes en France métropole

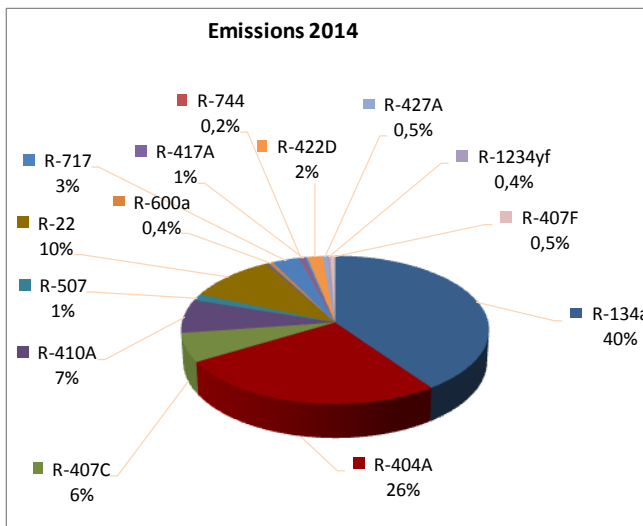


Figure III-25 Répartition des émissions par fluide frigorigène en France métropole

Les émissions de HCFC continuent de décroître telles que leur banque, d'environ 22 % par rapport à 2013, et ne constituent plus que 11 % des émissions totales en 2014. A l'image de la banque, les émissions totales sont dominées par celles des HFC et du R-134a en particulier, à 40 % en 2014 (Figure III-26 et Figure III-21).

Tableau III-6- Emissions des fluides frigorigènes 2014

	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	2 084	3 547	-	273	5 904
1991	2 113	3 747	-	277	6 138
1992	2 139	3 939	0	277	6 355
1993	2 128	4 127	65	278	6 599
1994	2 070	4 352	169	283	6 873
1995	2 253	4 697	267	284	7 501
1996	2 032	4 934	392	285	7 643
1997	1 763	5 116	557	281	7 717
1998	1 490	5 236	803	280	7 808
1999	1 248	5 251	1 145	275	7 919
2000	1 038	5 150	1 636	270	8 094
2001	825	4 924	2 204	268	8 220
2002	669	4 696	2 729	264	8 358
2003	593	4 420	3 270	263	8 546
2004	469	4 128	3 734	261	8 592
2005	361	3 800	4 247	261	8 669
2006	298	3 488	4 559	261	8 607
2007	246	3 167	5 038	262	8 713
2008	186	2 854	5 371	264	8 674
2009	132	2 561	5 624	269	8 586
2010	99	2 164	6 005	278	8 545
2011	63	1 706	6 370	282	8 421
2012	37	1 379	6 543	287	8 247
2013	12	1 097	6 688	296	8 094
2014	0	858	6 876	311	8 046

Sur l'ensemble des secteurs, le taux d'émissions global équivalent, incluant tous les types d'émissions est en décroissance, estimé à **13,8 %** en 2014.

Répartition sectorielle des émissions de fluides frigorigènes

Les répartitions sectorielles des émissions sont présentées Figure III-26 .

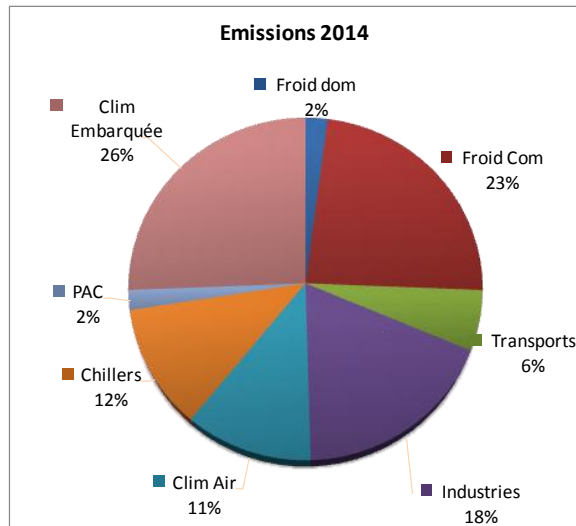


Figure III-26 - Répartition sectorielle des émissions de fluides frigorigènes

Le secteur de la climatisation automobile domine toujours les émissions totales de fluides frigorigènes, 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 désormais calculées sur la base des PRG publiés dans 4^{ème} Rapport d'évaluation du GIEC (Annexe 1).

Répartition par fluide

La Figure III-27 donne l'évolution des émissions CO₂ équivalentes de 1990 à 2014 en utilisant les valeurs des PRG données par le 4^{ème} rapport d'évaluation du GIEC.

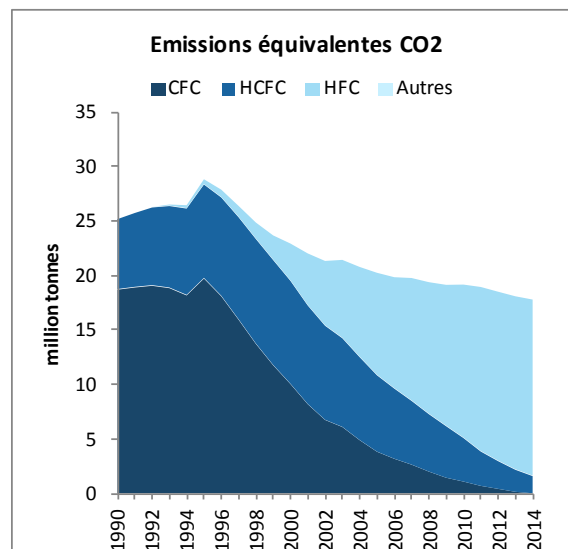


Figure III-27 Emissions CO₂ équivalentes de fluides frigorigènes en France métropole selon les PRG donnés par le 4^{ème} rapport du GIEC

Les émissions totales de fluides frigorigènes exprimées en équivalent CO2 sont évaluées à 17,7 millions de tonnes en 2014, en baisse de 1,7% par rapport à 2013. La répartition des émissions par fluide est stable par rapport à 2013, les parts du R-404A et du R-134a gagnent un point. Le R-404A impacte désormais les émissions eq. CO2 de fluides frigorigènes à 46 % en 2014 suivi par le R-134a à 26 % (Figure III-28).

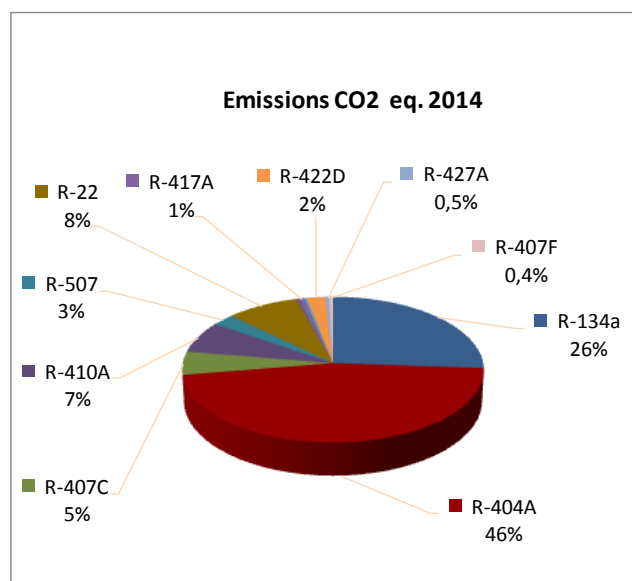


Figure III-28 Répartition des émissions CO2 équivalentes par fluide en France métropole selon les PRG donnés par le 4^{ème} rapport du GIEC

Tableau III-7 - Emissions équivalentes CO₂ de fluides frigorigènes 2014 (en millions de tonnes) selon le 4^{ème} rapport d'évaluation du GIEC

	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	18,77	6,42	-	-	25,19
1991	18,97	6,78	-	-	25,76
1992	19,13	7,13	0,00	-	26,26
1993	18,91	7,48	0,09	-	26,48
1994	18,24	7,92	0,26	-	26,42
1995	19,80	8,57	0,44	0,00	28,81
1996	18,16	9,02	0,67	0,00	27,85
1997	16,00	9,36	0,99	0,00	26,36
1998	13,77	9,59	1,46	0,00	24,83
1999	11,80	9,63	2,21	0,00	23,64
2000	10,07	9,45	3,38	0,00	22,90
2001	8,21	9,04	4,74	0,00	21,99
2002	6,76	8,63	5,90	0,00	21,30
2003	6,11	8,14	7,15	0,00	21,39
2004	4,90	7,61	8,24	0,00	20,75
2005	3,83	7,01	9,37	0,00	20,21
2006	3,18	6,44	10,18	0,00	19,80
2007	2,64	5,85	11,24	0,00	19,73
2008	2,00	5,27	12,08	0,00	19,35
2009	1,43	4,73	12,94	0,00	19,10
2010	1,08	3,99	14,05	0,00	19,12
2011	0,68	3,15	15,07	0,00	18,90
2012	0,41	2,54	15,52	0,00	18,47
2013	0,13	2,02	15,89	0,00	18,05
2014	0,00	1,57	16,17	0,00	17,75

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 car le parc de réfrigérateurs et congélateurs au R-12 a été quasiment entièrement renouvelé pour des équipements utilisant le R-134a ou le R-600a; de plus les résultats de sa filière de fin sont en forte amélioration.

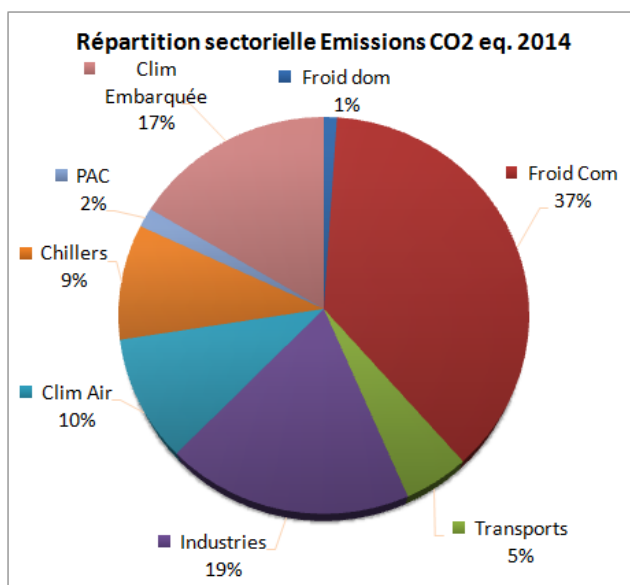


Figure III-29 Répartition sectorielle des émissions CO₂ équivalentes de fluides frigorigènes en France métropole

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

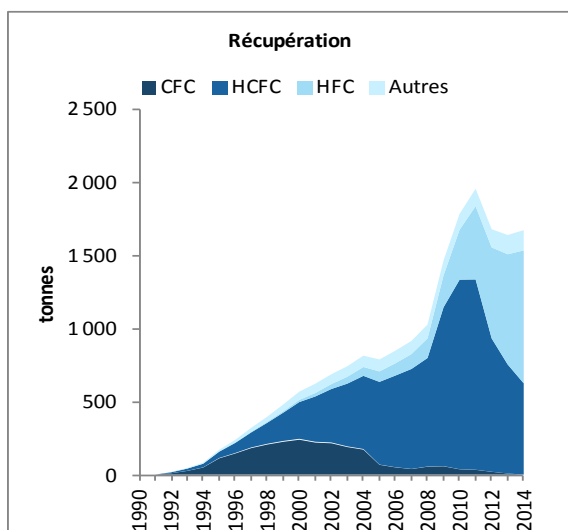


Figure III-30 Quantités de fluides frigorigènes récupérées en fin de vie des équipements en France métropole

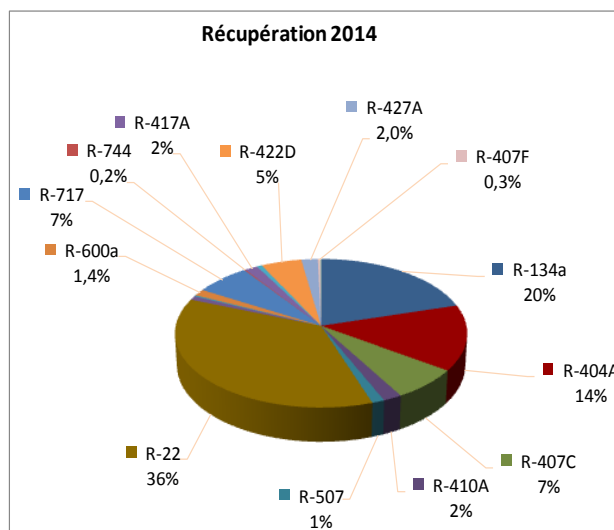


Figure III-31 Répartition par fluide des quantités de fluides frigorigènes récupérées en France métropole

Tableau III-8 - Récupération des fluides frigorigènes 2014

	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	-	-	-	-	-
1991	0	0	-	-	0
1992	9	7	-	2	18
1993	26	15	-	4	45
1994	50	25	1	7	82
1995	114	43	2	11	170
1996	148	69	3	18	238
1997	186	103	5	27	320
1998	211	144	7	35	397
1999	230	194	10	47	480
2000	245	252	15	57	568
2001	225	310	24	63	622
2002	220	366	34	67	687
2003	193	429	47	72	742
2004	175	500	61	78	814
2005	69	566	72	82	788
2006	51	627	84	86	849
2007	39	684	102	90	915
2008	55	742	135	95	1 027
2009	58	1 087	219	102	1 466
2010	37	1 296	342	109	1 784
2011	33	1 302	502	120	1 957
2012	20	912	623	125	1 679
2013	8	746	754	132	1 640
2014	0	624	910	139	1 673

Les quantités récupérées de gaz fluorés calculées (Tableau III-8) sont estimées à environ 1 530 t en 2014. Si on exclut les quantités récupérées en froid domestique et climatisation automobile, RIEP estime la récupération de la "filrière générale" à 1 370 t en 2014. Les quantités déclarées retournées aux distributeurs sont estimées à 1 100 t selon le SNEFCCA et à 1 022 t selon l'OFF.

Les résultats RIEP surestiment donc les quantités récupérées déclarées d'environ 25 %. Une des explications possibles est qu'une partie des quantités récupérées lors des démantèlements d'installations est conservée par les opérateurs, sans être retournée aux distributeurs. Par ailleurs, les hypothèses d'efficacité de récupération de certains secteurs peuvent avoir été un peu surestimées.

Répartition sectorielle de la récupération des fluides frigorigènes

En 2014, selon les résultats de calcul RIEP, la récupération des fluides frigorigènes concerne majoritairement les HFC (à 54 %), contrairement aux années précédentes. Elle est pratiquée principalement dans les installations à fortes charges des secteurs du froid industriel, des chillers et du froid commercial. Le fait que les secteurs du froid industriel et des chillers possèdent essentiellement des installations classées ICPE a été pris en compte cette année à la suite d'une communication du groupe Climafort. Les chillers et le froid industriel dominent désormais la récupération à environ 30 %.

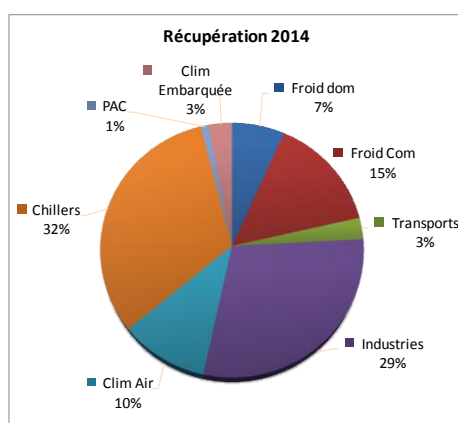


Figure III-32- Répartition sectorielle des quantités de fluides frigorigènes récupérées.

III.4 – Résultats globaux inventaires 2014 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 2010-2014 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 [FAO15]) 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 un ratio basé sur celui des 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 2014, correspondant à 2 % du niveau de la métropole. 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 (64 %) 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.

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

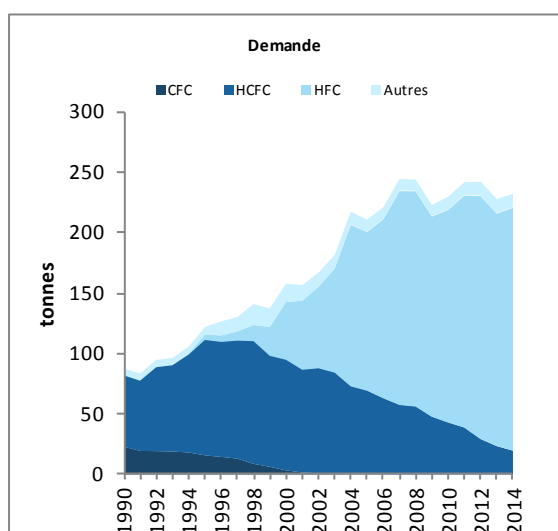


Figure III-33 Demande totale de fluides frigorigènes dans les DOM

	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
2014	-	20	201	11	232

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

	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	7	18	-	2	26
1991	7	18	-	2	27
1992	8	21	-	2	31
1993	8	22	-	2	32
1994	8	24	0	2	34
1995	9	29	0	2	40
1996	9	27	0	8	44
1997	10	27	0	7	45
1998	10	32	2	13	57
1999	10	30	3	11	53
2000	11	34	4	10	60
2001	10	40	5	9	63
2002	10	41	7	7	65
2003	9	41	13	6	70
2004	6	53	19	6	84
2005	4	49	25	5	83
2006	4	58	22	5	89
2007	1	60	33	5	99
2008	0	60	31	5	96
2009	0	60	21	5	85
2010	0	57	22	6	84
2011	0	57	25	4	87
2012	0	58	25	4	88
2013	-	50	26	4	80
2014	-	53	25	4	82

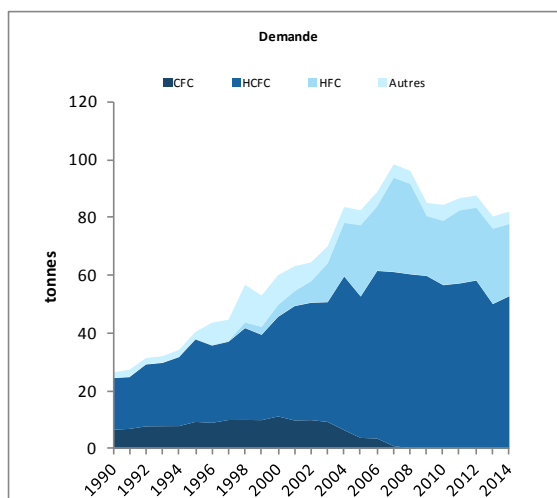


Figure III-34 Demande totale de fluides frigorigènes dans les COM

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 (64 %) 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 %).

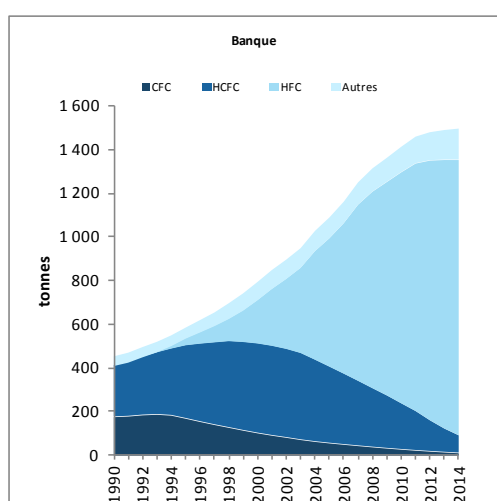


Figure III-35 Banque de fluides frigorigènes dans les DOM

Tableau III-11 Banque de fluides frigorigènes dans les DOM

	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
2014	11	79	1 265	142	1 496

Tableau III-12 Banque de fluides frigorigènes dans les COM

	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	45	70	-	13	129
1991	47	74	-	14	135
1992	50	80	-	14	145
1993	54	85	-	15	154
1994	57	91	0	16	164
1995	61	100	0	16	178
1996	65	106	1	21	193
1997	69	111	2	26	208
1998	72	118	6	34	229
1999	73	123	14	38	248
2000	71	131	26	41	268
2001	66	142	42	41	292
2002	61	151	59	40	311
2003	55	161	78	38	331
2004	49	180	98	36	361
2005	43	191	119	34	386
2006	34	207	144	33	417
2007	27	226	170	32	455
2008	22	237	194	31	484
2009	19	245	214	31	509
2010	15	251	234	33	533
2011	14	255	250	33	552
2012	12	255	263	33	563
2013	10	253	273	34	570
2014	8	249	282	34	574

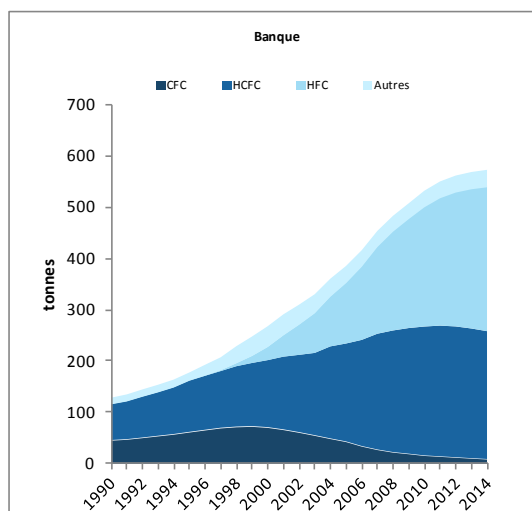


Figure III-36 Banque de fluides frigorigènes dans les COM

Dans les territoires des COM, la banque des fluides frigorigènes est faible, de seulement 570 t réparties majoritairement en climatisation automobile (27 %) et climatisation à air (30 %). Elle est majoritairement constituée de R-22 (43 %) 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 %).

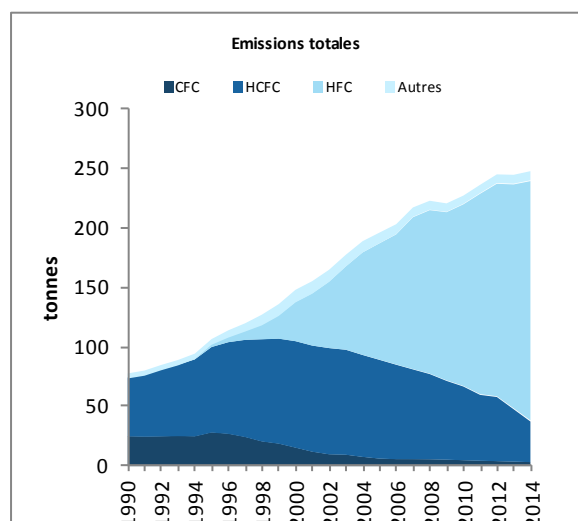


Figure III-37 Emissions totales (t) de fluides frigorigènes dans les DOM.

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

	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	25	49	-	4	78
1991	25	52	-	4	81
1992	25	56	-	4	85
1993	25	60	0	5	90
1994	25	64	1	5	95
1995	28	71	3	5	107
1996	27	77	5	6	114
1997	24	81	8	7	120
1998	21	85	13	9	128
1999	19	88	20	10	136
2000	15	89	33	11	148
2001	12	89	44	11	156
2002	10	89	56	10	165
2003	10	88	71	10	178
2004	8	85	87	9	189
2005	6	82	99	9	196
2006	6	79	110	8	203
2007	6	75	129	8	217
2008	6	71	139	7	223
2009	5	66	143	7	221
2010	5	62	154	7	227
2011	5	55	170	7	236
2012	4	54	180	7	245
2013	4	44	190	7	245
2014	3	34	203	8	248

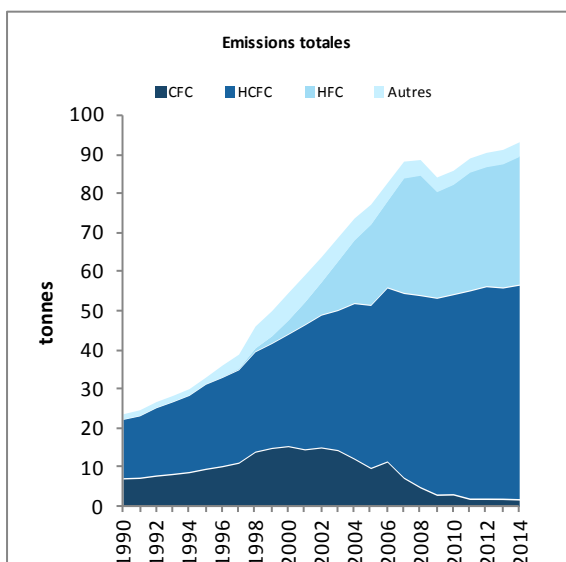


Figure III-38 Emissions totales (t) de fluides frigorigènes dans les COM

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

	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	7	15	-	1	23
1991	7	16	-	1	24
1992	8	17	-	1	26
1993	8	18	-	1	28
1994	9	20	0	2	30
1995	9	22	0	2	33
1996	10	23	0	3	36
1997	11	24	0	4	39
1998	14	26	1	6	46
1999	15	27	2	7	50
2000	15	29	3	7	54
2001	14	32	6	7	59
2002	15	34	8	7	64
2003	14	36	12	6	69
2004	12	40	16	6	74
2005	10	42	21	5	77
2006	11	44	22	5	83
2007	7	47	29	4	88
2008	5	49	31	4	89
2009	3	50	27	4	84
2010	3	51	28	4	86
2011	2	53	30	4	89
2012	2	54	31	4	90
2013	2	54	32	4	91
2014	2	55	33	4	93

Les émissions de fluides frigorigènes dans les COM sont évaluées à 1 % du niveau de la métropole, à environ 93 t, constituées majoritairement de R-22 (59 %) 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

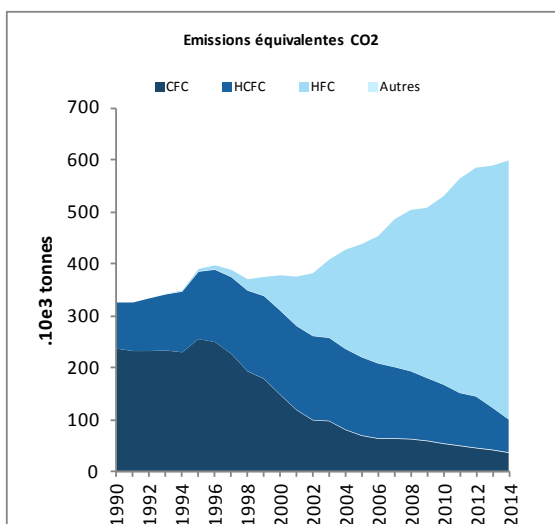


Figure III-39 Emissions totales équivalentes CO2 de fluides frigorigènes (milliers de tonnes) dans les DOM

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

	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	237	89	0	0	326
1991	232	94	0	0	326
1992	232	102	0	0	334
1993	233	108	0	0	342
1994	230	117	2	0	349
1995	255	130	4	0	390
1996	250	140	8	0	397
1997	227	148	13	0	388
1998	193	156	21	0	370
1999	179	160	36	0	375
2000	148	162	67	0	378
2001	119	161	95	0	375
2002	99	162	121	0	382
2003	98	160	150	0	408
2004	81	155	191	0	427
2005	70	151	218	0	438
2006	64	144	245	0	454
2007	64	137	285	0	486
2008	63	130	311	0	504
2009	59	121	328	0	508
2010	54	113	363	0	530
2011	50	101	413	0	564
2012	46	99	441	0	585
2013	42	81	467	0	589
2014	37	63	499	0	599

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

	CFC	HCFC	HFC	Autres	Total
1990	54	23	-	-	76
1991	54	24	-	-	78
1992	58	26	-	-	85
1993	62	28	-	-	89
1994	65	30	0	-	95
1995	71	33	0	-	104
1996	77	34	0	-	112
1997	84	36	1	-	120
1998	106	38	1	-	146
1999	114	40	3	-	157
2000	118	43	5	-	166
2001	112	48	8	-	167
2002	116	51	12	-	178
2003	111	53	18	-	182
2004	94	59	24	-	177
2005	75	62	30	-	167
2006	90	67	32	-	188
2007	56	71	42	-	169
2008	38	74	44	-	156
2009	23	75	40	-	138
2010	24	77	41	-	142
2011	14	80	45	-	139
2012	15	81	46	-	142
2013	14	81	47	-	143
2014	13	82	49	-	145

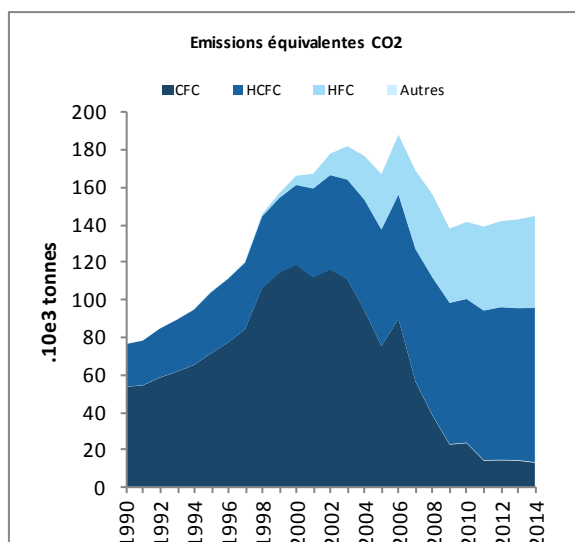


Figure III-40 Emissions totales équivalentes CO2 de fluides frigorigènes (milliers de tonnes) dans les COM

En équivalent CO₂, les émissions totales des DOM sont estimées à 600 000 tonnes, en tenant compte des PRG du 4^{ème} rapport du GIEC, soit 3,2 % du niveau de la métropole. Pénalisé par son PRG, le R-404A domine les émissions CO₂ à 41 % et le froid commercial la répartition sectorielle à 42 %.

Dans les COM, les émissions de fluides frigorigènes sont estimées à 145 000 tonnes de CO₂ équivalent, soit moins de 1 % des émissions de la métropole. Elles sont dominées à 57 % par le R-22 et, d'un point de vue sectoriel à parts égales 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 en 2014 pour les COM et 9 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.

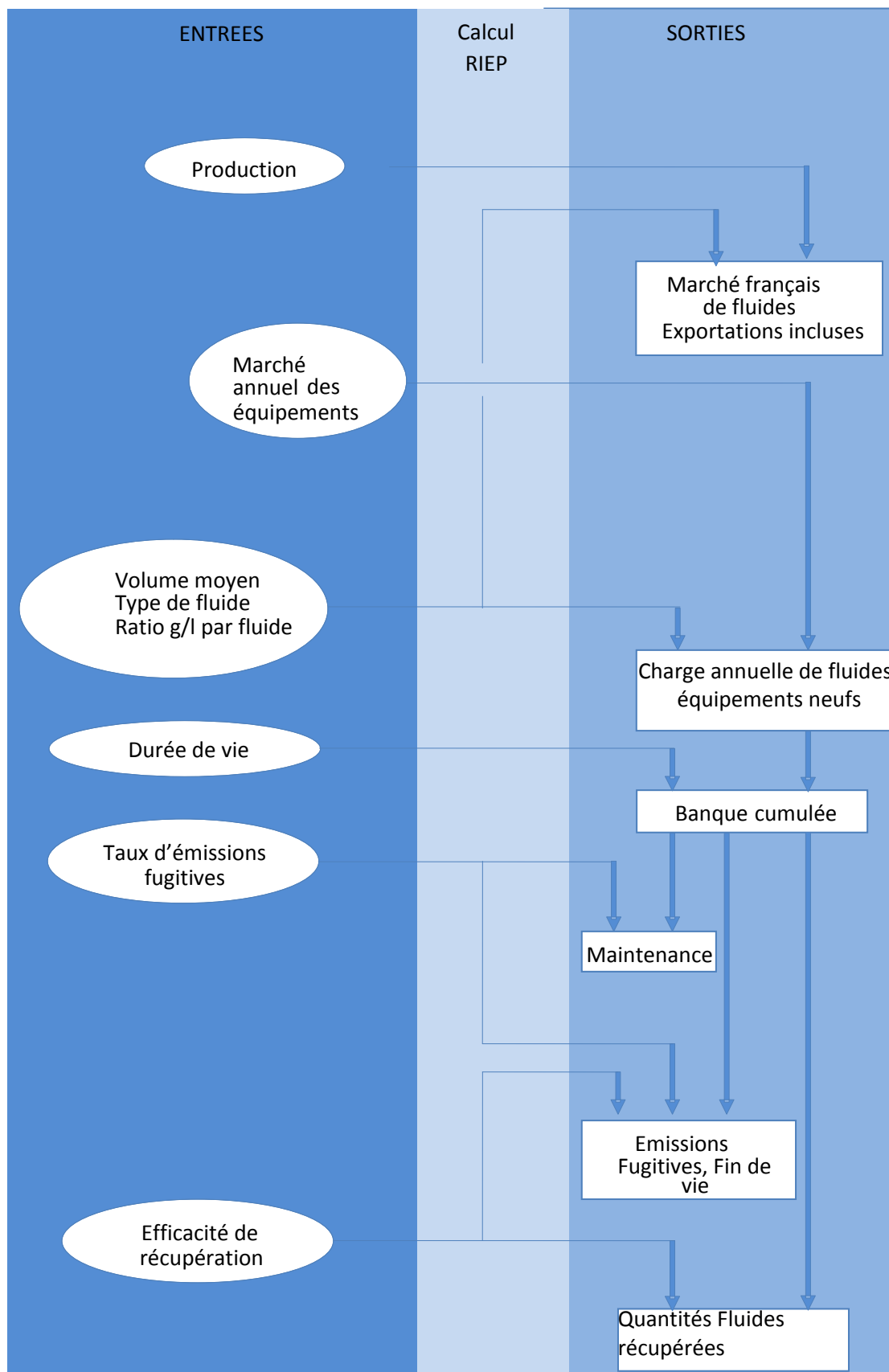


Figure IV-1 - Organigramme de la méthode de calcul utilisée pour le froid domestique

IV.2 - Le froid domestique en France en 2014

IV.2.1 - Contexte

La nouvelle réglementation européenne, CE 517/2014 abrogeant le règlement 842/2006, interdit la mise sur le marché des réfrigérateurs et congélateurs domestiques contenant un fluide frigorigène de PRG 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 3 % en 2014 par rapport à 2013. Il est dominé par les modèles combinés à 40 %. La part des réfrigérateurs américains stagne à un peu plus de 6 %. Le marché des congélateurs est également en baisse, de 5 % en 2014. Il est largement dominé par les congélateurs de type armoire.

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

Marchés équipements neufs	2014	2014	2013/2014
Réfrigérateurs	2 509 000	2 594 000	- 3,3%
Congélateurs	673 000	707 000	- 5 %

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.

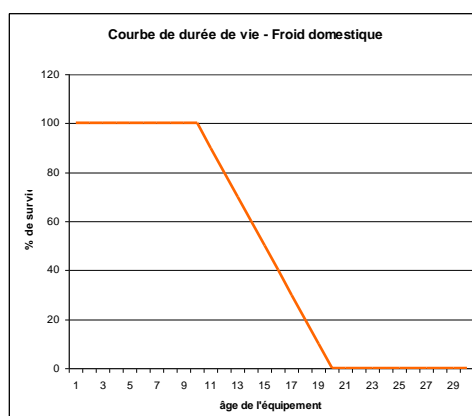


Figure IV-2 – Courbe de durée de vie des équipements de froid domestique

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 [FAN15]. 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

Valeurs DEEE	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014
Quantités récupérées (t)	137	235	151	103	124	122	137	127

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 2014. 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	2014
Efficacité de récupération	2,2 %	2,5 %	5 %	15 %	26 %	26 %	36 %	35 %	40 %	40 %

IV.3 - Résultats Froid domestique Inventaires métropole 2014

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 2 800 t en 2014. Elle est dominée par le R-600a à 63 % (Tableau IV-5). Les hypothèses de durée de vie ont conduit à l'éradication de la banque de R-12 en 2013 dans les résultats de calcul.

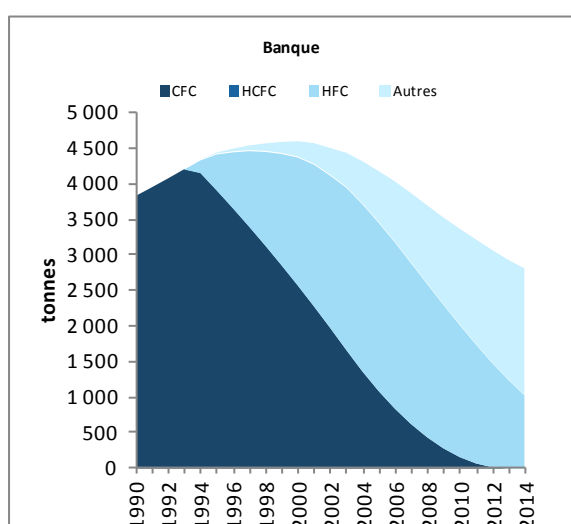


Figure IV-3 – Evolution de la banque de fluides frigorigènes en froid domestique

Tableau IV-5 – Banque 2014 (tonnes) en Froid Domestique

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	0	0
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	1 031	1 031
	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	1 773
	R-600a	1 773	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			2 805

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.

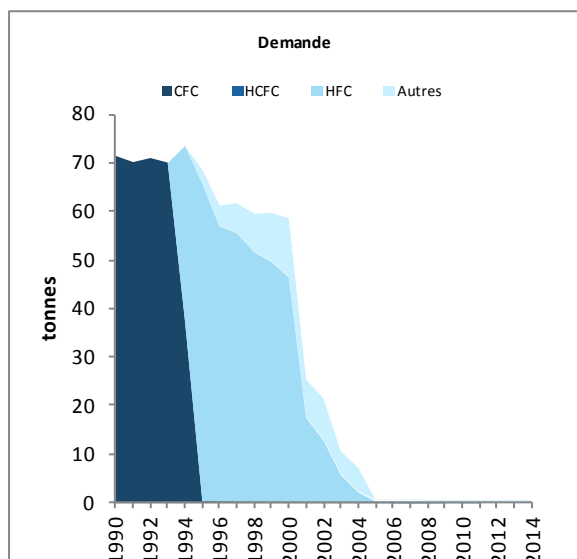


Figure IV-4 - Evolution de la demande totale de fluides frigorigènes en froid domestique

Tableau IV-6 - Demande totale 2014 (tonnes) – Froid domestique

CFC	R-12	0,0	0,0
HCFC	R-22	0,0	0,0
	R-408A	0,0	
	R-401A	0,0	
HFC	R-134a	0,1	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	
	R-744	0,0	
TOTAL			0,32

IV.3.3. Les émissions totales

Les émissions sont constituées à 99,8% par les émissions de fin de vie des équipements, les systèmes étant hermétiques. Elles sont faibles, de l'ordre de 166 tonnes en 2014, étant donnée l'efficacité croissante de la filière DEEE.

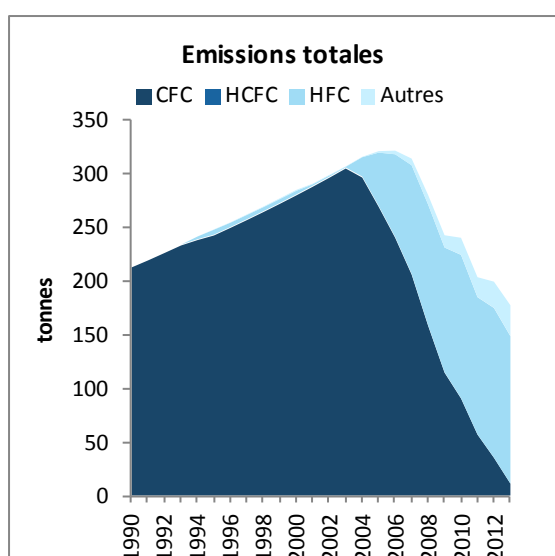


Figure IV-5 - Evolution des émissions totales de fluides frigorigènes du froid domestique

Tableau IV-7 - Emissions totales 2014 (tonnes) – Froid domestique

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	0	0
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	131	131
	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	36
	R-290	0	
	R-600a	36	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			167

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 2014 que 190 000 tonnes de CO₂ et sont amenées à décroître encore avec la généralisation de l'utilisation du R-600a (Figure IV-6).

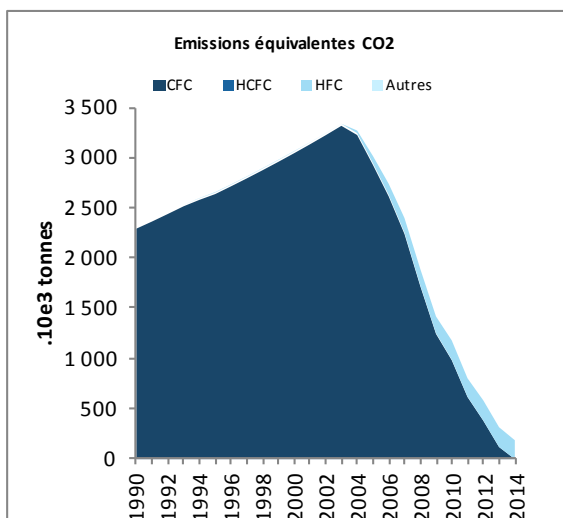


Figure IV-6 - Evolution des émissions totales en équivalent CO₂ en froid domestique

Tableau IV-8 - Emissions totales en milliers de tonnes équivalentes CO₂ 2014 – Froid domestique

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	0	0
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	187	187
	R-404A	0	
	R-407C	0	
	R-410A	0	
	R-507	0	
	R-417A	0	
	R-422A	0	
	R-422D	0	
	R-427A	0	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
R-1234yf	0		
Autres	R-290	0	0
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			188

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 112 t et désormais dominées par le R-134a à 79 %.

Tableau IV-9 - Quantités récupérées 2014 (tonnes) – Froid domestique

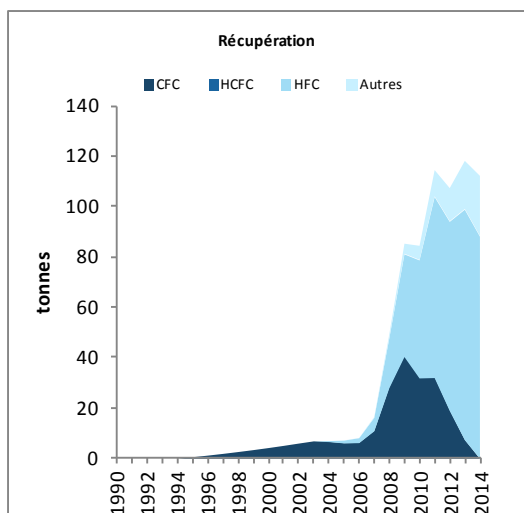


Figure IV-7 - Evolution des quantités récupérées en froid domestique

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	0	0
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	88	88
	R-404A	0	
	R-407C	0	
	R-410A	0	
	R-507	0	
	R-417A	0	
	R-422A	0	
	R-422D	0	
	R-427A	0	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
R-1234yf	0		
Autres	R-290	0	24
	R-600a	24	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			112

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/m^2) 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.

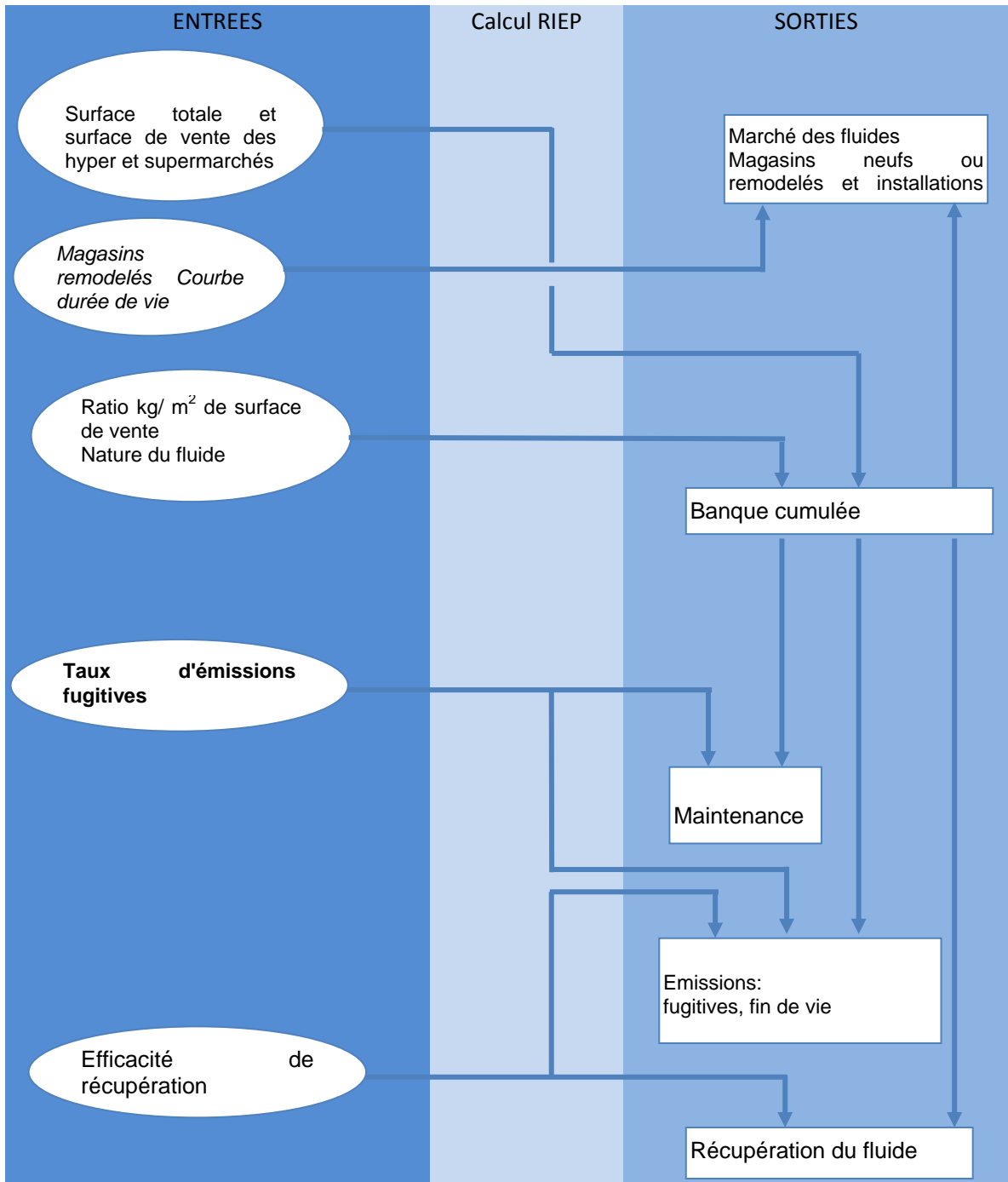


Figure V-1 - Organigramme de la méthode utilisée pour le secteur du froid commercial

V.2. Le froid commercial en France en 2014

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 2014, 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 2014 (Tableau V-2).

Tableau V-2 – Marchés d'équipements pour les petits commerces en 2014

2014	Groupe 1 Type supérette	Groupe 2 Type petit commerce spécialisé	Groupe 3 Type distributeur automatique	Groupe 4 "Drive"
Nombre de nouveaux équipements (renouvellement inclus)	560	5 000	15 100	2 655

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 2014 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 2014

2014	Hypermarchés	Supermarchés
Parc de magasins	2 059	5 745
Surface moyenne par magasin (m ²)	5 359	1 296
Nouvelles surfaces de vente (m ²)	204 240*	33 940
Nouvelles surfaces de vente incluant le renouvellement (m ²)	639 000	597 000

* valeurs calculées à partir des surfaces moyennes sur le parc

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

Selon les résultats d'enquête, les principales tendances observées sont:

- De plus en plus de systèmes utilisant le R-744 en détente directe pour le froid négatif en cascade² sur un système au R-134a ou R-134a/eau glycolée en froid positif ;
- Des équipements avec de faibles charges de propane sont utilisés dans les vitrines réfrigérées;
- Les premiers retrofits d'installations utilisant le R-404A apparaissent, avec des fluides tels que le R-442A [GRO15] ou le R-407F.
- Mais, contrairement à ce qui mettaient en avant les communications des chaînes en 2013, plusieurs installations ont aussi été réalisées avec du R-404A en 2012-2013 et même 2014.

Par conséquent, les hypothèses de calcul ont été corrigées sur 2012-2014 afin de prendre en compte une réduction plus progressive de l'usage du R-404A dans les installations neuves des super et hypermarchés.

Concernant les derniers 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. Le R-407F et du R-407A, à PRG plus faibles, sont également utilisés en 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-407F	CO ₂	R-717
2013	40 %	32 %	1 %	25%	2 %
2014	20 %	38 %	6 %	35%	1 %

Tableau V-5 – Fluides utilisés pour les conversions d'installations au R-22 en hypermarchés

Conversions installations hypermarchés	R-22	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
2014		20 %	2 %	2 %	12 %	4 %

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.

² Un système cascade comporte deux fluides distincts, l'un adapté à la haute température, l'autre à la basse température, le fluide « haute température » condense le fluide basse température en s'évaporant dans un évapo-condenseur. Le système cascade utilise du CO₂ dans la centrale négative fonctionnant en cascade avec une centrale positive en détente directe ou en configuration indirecte avec un HFC ou du R-717, il forme une alternative aux systèmes classiques utilisant le R-404A.

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

Nouvelles installations supermarchés	R-404A	R-134a	CO ₂	Autres
2013	30 %	44 %	25 %	1 %
2014	20 %	50 %	25 %	5 %

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
2014	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 [MAR15].

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 2014, les hypothèses présentées au Tableau V-7 sont prises en compte.

Tableau V-8 Fluides utilisés dans les équipements des petits commerces en 2014

Nouveaux équipements 2014	R-404A	R-134a	R-290	R-600a	CO ₂
Groupes hermétiques	35%	40 %	15 %	10 %	-
Groupes hermétiques des distributeurs automatiques	-	86 %	9 %	-	5 %
Groupes de condensation	50 %	50 %	-	-	-

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.

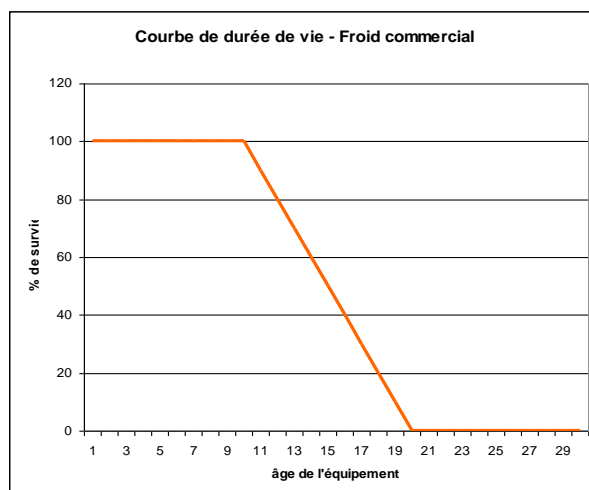


Figure V-2 – Courbe de durée de vie des équipements de froid commercial

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 2014 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
2014	0,18	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. La dernière enquête de terrain 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 2011-2014. Pour les magasins "Drive", la charge moyenne a été établie en fonction des données fournies par JCI [PHI14] lors des inventaires 2012 [BAR12] et évaluée à 200 kg.

Tableau V-10 – Charges moyennes des systèmes frigorifiques des commerces de proximité en 2014

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 2014, seule la chaîne d'hypermarchés Auchan a participé à l'enquête et a accepté de communiquer les charges installées de fluides frigorigènes sur leur parc de magasins ainsi que les quantités de fluides consommées pour la maintenance des installations en 2014. Le panel obtenu est ainsi constitué de 104 hypermarchés. Le taux d'émissions moyen obtenu est de 29 %

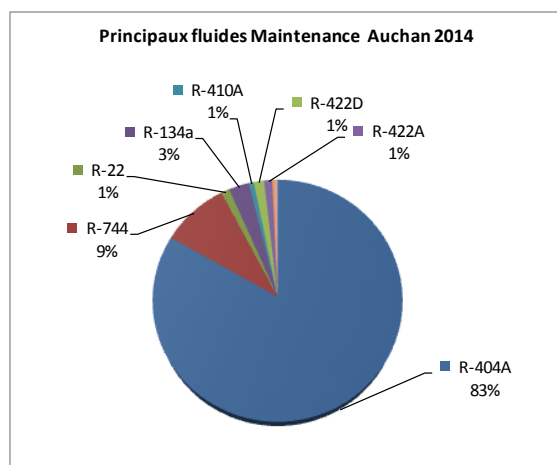


Figure V-3 - fluides utilisés pour la maintenance des hypermarchés

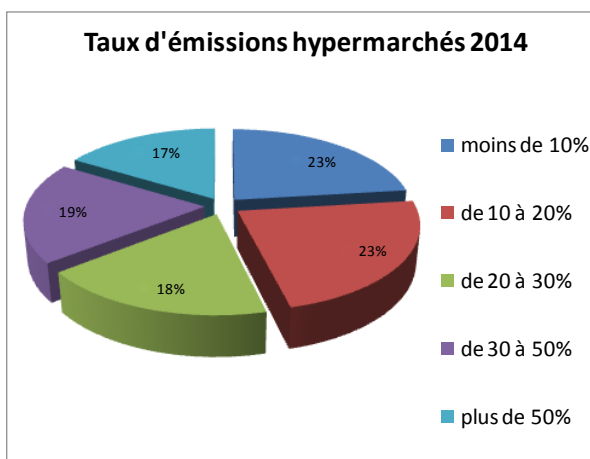


Figure V-4 - Taux d'émissions des hypermarchés du panel

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

- Les taux d'émissions moyens (quantités totales consommées/ quantités totales installées) sont de **29 % en hypermarchés pour 2014**, ce qui conforte les résultats de l'an dernier, pour lesquels sur un plus large panel, le taux d'émissions obtenu était de 28 %;
- Près de la moitié des hypermarchés a un taux inférieur à 20 % en 2014;
- Encore 17 % des magasins ont subi des pertes supérieures à 50 % de leur charge en 2014, celles-ci étant à 83 % constituées de R-404A.

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. Lors des inventaires 2012 les taux d'émissions avaient été corrigés à la hausse sur l'historique (Tableau V-11). Etant donnés les résultats positifs de 2013 et 2014, même si l'échantillon est faible, il est choisi d'amorcer la décroissance dans les hypothèses 2014.

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

Taux d'émissions	Supermarchés	Hypermarchés
1990-2012	30 %	35 %
2014	29 %	34 %

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 2014.

Tableau V-12 –Taux d'émissions fugitives prises en compte dans le calcul 2014

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

2014	Hypermarchés et supermarchés	Groupes de condensation	Groupes hermétiques
Taux de récupération fonction de la charge restante	80 %	42 %	12 %

V.3 - Résultats Froid commercial Inventaires 2014 France métropole

V.3.1 – La banque

La banque de froid commercial, évaluée à 6 800 t en 2014, est en croissance de 5 % par rapport à 2013, notamment du fait de la forte croissance des parcs de supermarchés, hypermarchés et magasins drive.

Le rythme régulier de retrofits des installations aux HCFC a permis de réduire la banque à seulement 150 t en 2014, 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 (13 % de la banque 2014).

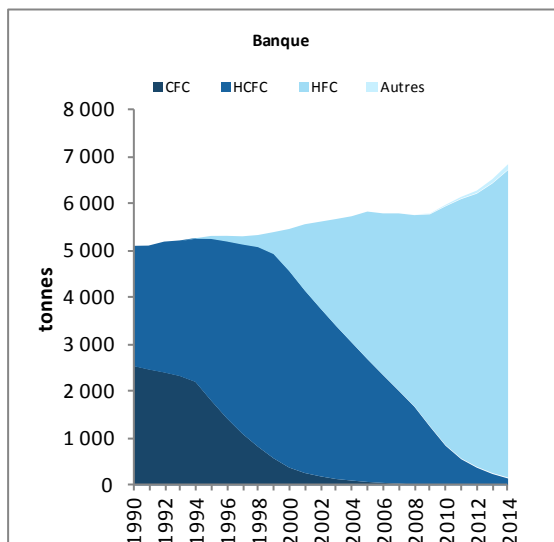


Figure V-5 - Evolution de la banque de fluides frigorigènes de froid commercial

Tableau V-14 - Banque 2014 – Froid commercial

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	77	148
	R-408A	46	
	R-401A	25	
HFC	R-134a	902	6 567
	R-404A	5 171	
	R-407C	6	
	R-410A	21	
	R-507	321	
	R-417A	5	
	R-422A	10	
	R-422D	30	
	R-427A	10	
	R-407A	6	
	R-407F	85	
	R-1234yf	0	
Autres	R-290	9	113
	R-600a	6	
	R-717	7	
	R-744	91	
TOTAL			6 828

V.3.2 – La demande

La demande totale en fluides frigorigènes est estimée à 2 700 t pour 2014, dominée à 70 % par le R-404A. En 2014, les deux tiers de la demande totale sont utilisés pour la maintenance des installations et seulement 3 % au retrofit des installations, une grande partie du parc ayant déjà été convertie.

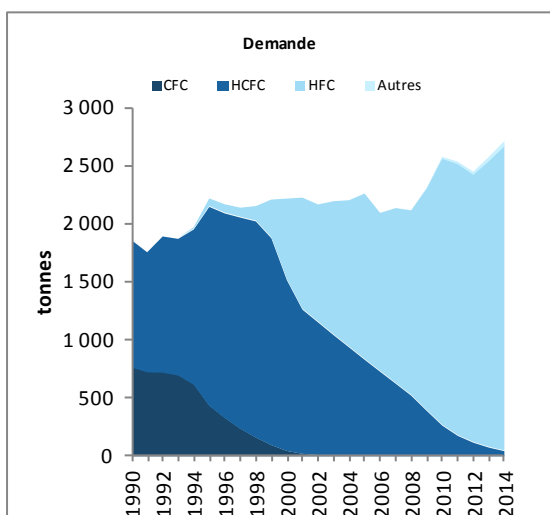


Figure V-6 – Evolution de la demande totale de fluides frigorigènes en froid commercial

Tableau V-15 - Demande totale 2014 (tonnes) – Froid commercial

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	21	45
	R-408A	17	
	R-401A	6	
HFC	R-134a	273	2 626
	R-404A	2 089	
	R-407C	2	
	R-410A	8	
	R-507	117	
	R-417A	2	
	R-422A	1	
	R-422D	5	
	R-427A	2	
	R-407A	7	
	R-407F	120	
	R-1234yf	0	
Autres	R-290	2	48
	R-600a	1	
	R-717	2	
	R-744	43	
TOTAL			2 718

V.3.3 – Les émissions totales

Le niveau 2014 des émissions totales dues à l'ensemble du secteur du froid commercial est estimé à 1 900 t de fluides frigorigènes, dont 96 % de HFC (Tableau V-16). Les émissions 2014 sont dominées à 80 % par le froid centralisé des super et hypermarchés.

Tableau V-16 - Emissions totales 2014 (tonnes) – Froid commercial

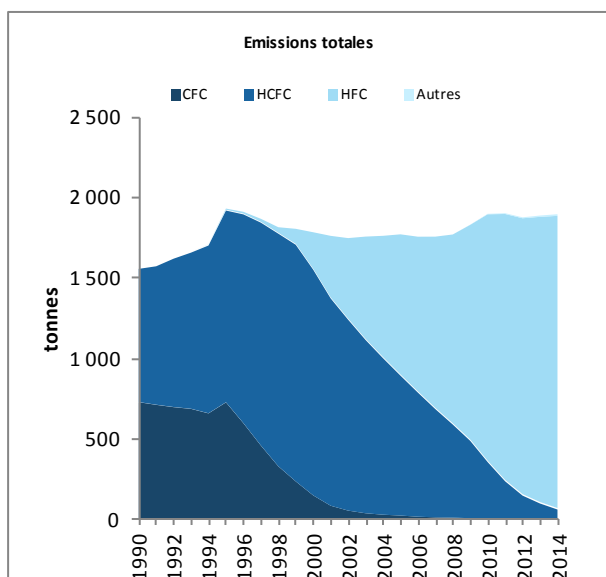


Figure V-7 - Evolution des émissions totales de fluides frigorigènes en froid commercial

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	37	65
	R-408A	20	
	R-401A	9	
HFC	R-134a	191	1 820
	R-404A	1 441	
	R-407C	2	
	R-410A	8	
	R-507	115	
	R-417A	2	
	R-422A	4	
	R-422D	13	
	R-427A	4	
	R-407A	3	
	R-407F	37	
Autres	R-1234yf	0	11
	R-290	0	
	R-600a	0	
	R-717	1	
	R-744	9	
TOTAL			1 895

V.3.4 – Les émissions en équivalent CO₂

Les émissions du froid commercial sont très pénalisées par l'utilisation du R-404A, d'autant plus que son PRG a été réévalué à 3 900 (+20%) par le 4^{ème} rapport d'évaluation du GIEC. Les émissions du froid commercial, stables par rapport à 2013, s'élèvent désormais à 6,6 millions de tonnes de CO₂. Elles sont dominées par le froid commercial centralisé (hypermarchés et supermarchés).

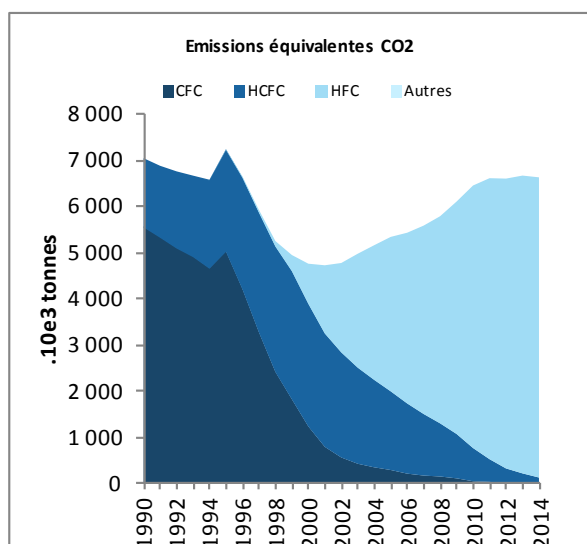


Figure V-8 - Evolution des émissions totales en équivalent CO₂ en froid commercial

Tableau V-17 - Emissions totales en milliers de tonnes équivalentes CO₂ 2014 – Froid commercial

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	67	139
	R-408A	62	
	R-401A	10	
HFC	R-134a	273	6 506
	R-404A	5619	
	R-407C	4	
	R-410A	16	
	R-507	458	
	R-417A	4	
	R-422A	13	
	R-422D	36	
	R-427A	9	
	R-407A	6	
	R-407F	68	
R-1234yf	0		
Autres	R-290	0	0
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			6 646

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 250 t en 2014, les HCFC issus des installations converties vers des HFC ne représentent plus que 18 % des quantités. Les premiers retrofits d'installations au R-404A apparaissent en 2014. Les quantités de R-404A récupérées sont en forte progression et représentent 60 % des quantités totales en 2014.

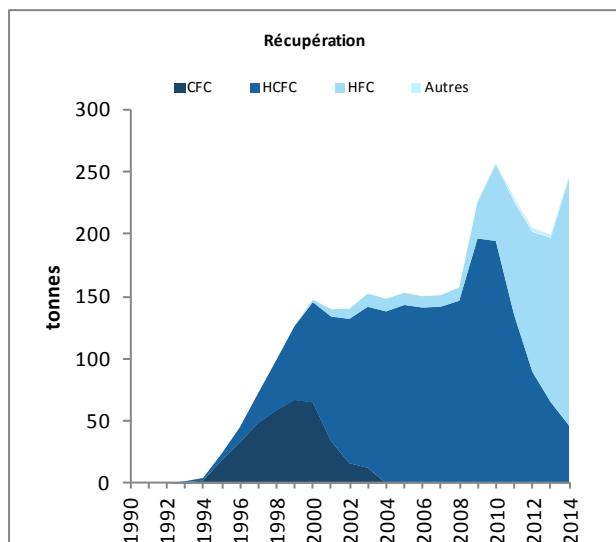


Figure V-9 - Evolution des quantités récupérées en froid commercial

Tableau V-18 - Quantités récupérées 2014 (tonnes)
– Froid commercial

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	28	46
	R-408A	14	
	R-401A	5	
HFC	R-134a	10	198
	R-404A	150	
	R-407C	0	
	R-410A	1	
	R-507	19	
	R-417A	1	
	R-422A	2	
	R-422D	7	
	R-427A	2	
	R-407A	1	
	R-407F	4	
Autres	R-1234yf	0	2
	R-290	0	
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	2	
TOTAL			246

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 Cemafrroid 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.

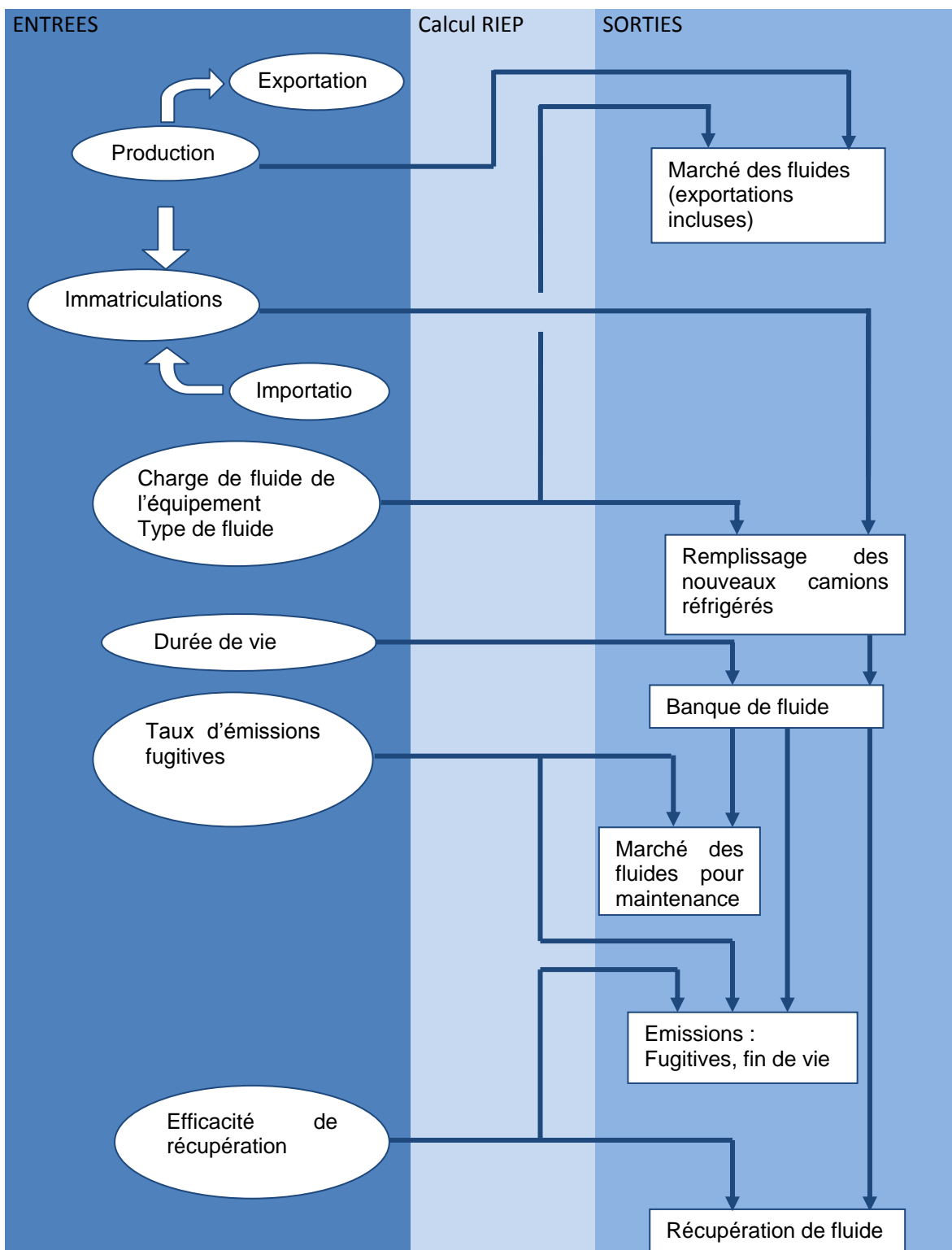


Figure VI-1– Organigramme de la méthode utilisée pour le secteur des transports frigorifiques

VI.3 Le transport frigorifique en France en 2014

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 puis de la mise à jour des déclarations ATP communiquées par [LOG15]. 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	2014
Camionnettes équipées de systèmes Poulie - courroie	2 690	5 600	5 570	5 100
Systèmes autonomes chargés d'usine (90 %) équipant les Camions et Semi-remorques	10 800	13 750	16 150	21 400

Marché neuf ou immatriculations

La Chambre Syndicale Nationale des Carrossiers et Constructeurs de Semi-Remorques et Conteneurs (CARCOSERCO) [CAR15] 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 [CAR15]

Marché transport routier	2014
Poulie - courroie	4 770
Moteur thermique	4 672

VI.3.2. Statistiques disponibles transport maritime

Dans le sous-secteur du transport maritime, 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 de conteneurs sont données jusqu'en 2009 par Worldshipping [SHI13], ainsi qu'une estimation de son évolution sur la période 2010-2014. Une mise à jour [WOR15] a été publiée cette année pour les "reefer containers" (à 2,1 million TEU) jusqu'en 2012 ainsi que des projections d'évolution de la flotte.

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

Conteneurs	2004	2009	2010	2014
Flotte	1 153 000	1 689 000	1 702 000	2 335 000
Marché	143 000	138 000	91 000	221 000

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. Une production de 2 bateaux réfrigérés est prise en compte pour 2014.

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 2014.

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.

Carrier développe actuellement des prototypes de moteur semi-remorque avec du CO₂ [LOG15].

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

Transport routier	Poulie-moteur	Moteur thermique
2014	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 2014).

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	2014
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 2010-2014. Les charges des conteneurs sont supposées constantes.

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

Charge	Reefers	Conteneurs autonomes
2014	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.

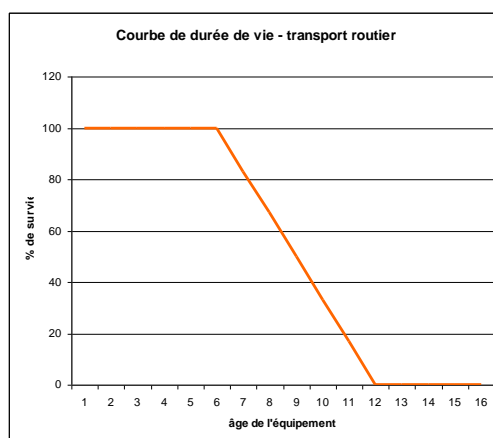


Figure VI-2 - Courbe de durée de vie pour les systèmes du transport routier

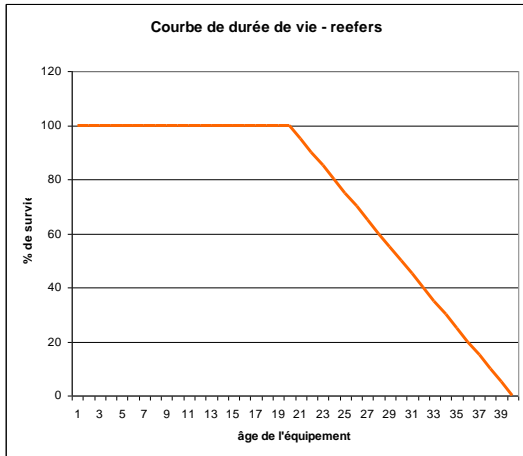


Figure VI-3 – Courbe de durée de vie des reefers

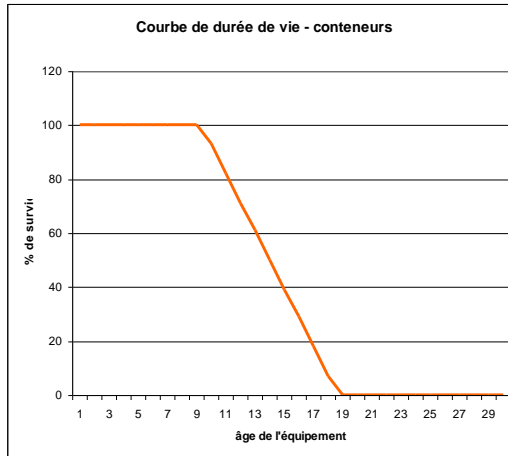


Figure VI-4 – Courbe de durée de vie des conteneurs

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 indirects [TOC10].

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

Taux d'émissions (% de la charge nominale)	Transport routier		Reefers	Conteneurs autonomes
	Moteur thermique	Poulie-courroie		
2014	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 tendancielle 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
2014	70 %	20 %	25 %

VI.4 Résultats Transports Frigorifiques – Inventaires métropole 2014

VI.4.1 – La banque

La banque est en croissance du fait de celle du marché des conteneurs, elle est constituée aux deux tiers par la flotte du transport maritime. Elle est estimée à 1 700 t en 2014, à 60 % du R-134a. La banque du transport routier est de seulement 330 t, composée à 90 % de R-404A.

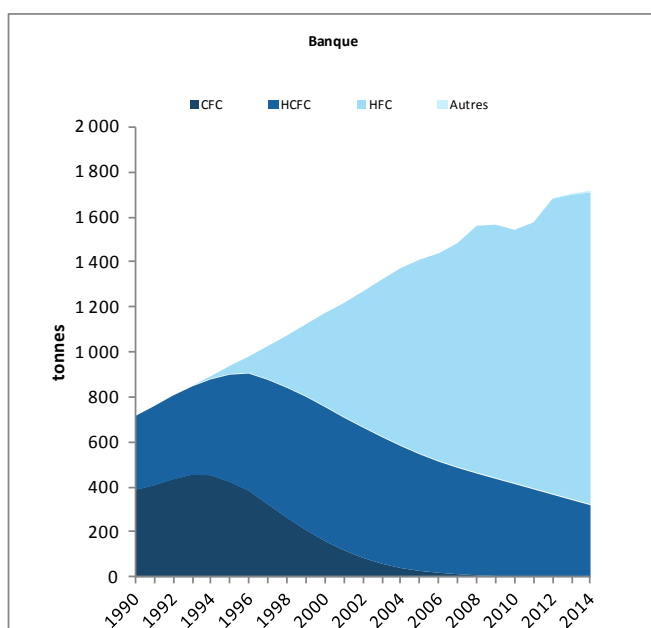


Figure VI-5- Evolution de la banque de fluides frigorigènes du transport frigorifique

Tableau VI-9 - Banque 2014 (tonnes)– Transport Frigorifique

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	320	320
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	1 049	1 388
	R-404A	338	
	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	8
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	8	
TOTAL			1 717

VI.4.2 – La demande

La demande totale en fluides frigorigènes, en légère décroissance, est estimée à 650 t en 2014. Les variations observées Figure VI-6 sont principalement dues aux variations du niveau de production des conteneurs réfrigérés.

Tableau VI-10 - Demande totale 2014 (tonnes)– Transport Frigorifique

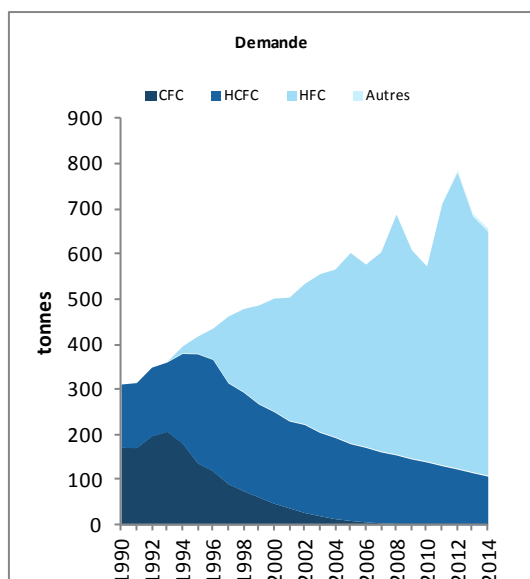


Figure VI-6 – Evolution de la demande totale de fluides frigorigènes en transport frigorifique

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	108	108
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	356	540
	R-404A	184	
	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			654

La demande pour les équipements neufs de transport maritime (110 t en 2014) 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 16 % de la demande totale provient de la demande pour la maintenance des équipements de transport maritime traités au niveau mondial.

VI.4.3 – Les émissions totales

Le niveau 2014 des émissions totales dues à l'ensemble du secteur du transport frigorifique est estimé à 460 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 75 t en 2014, mais principalement constituées de R-404A.

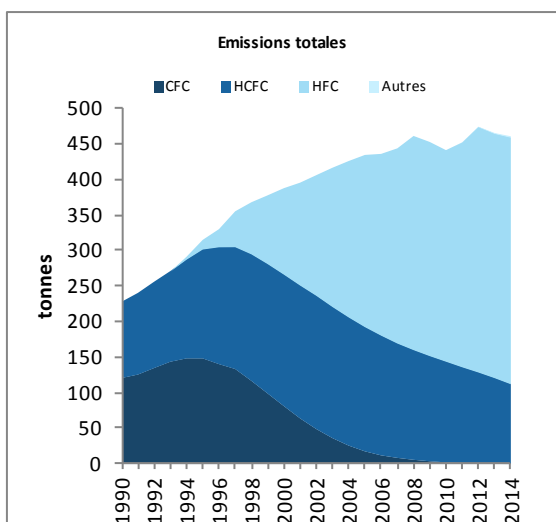


Figure VI-7 - Evolution des émissions totales de fluides frigorigènes en transport frigorifique

Tableau VI-11 - Emissions totales 2014 (tonnes) – Transport Frigorifique

CFC	R-12	0	0
	R-22	112	
HCFC	R-408A	0	112
	R-401A	0	
	R-134a	269	
HFC	R-404A	76	346
	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	
R-600a		0	
R-717		0	
R-744		2	
TOTAL			460

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 0,89 million de tonnes en 2014. Le transport routier, responsable de 20 % des émissions de fluides frigorigènes du transport, voit sa part des émissions équivalentes CO₂ s'élever à 31 %, à cause de la forte utilisation du R-404A.

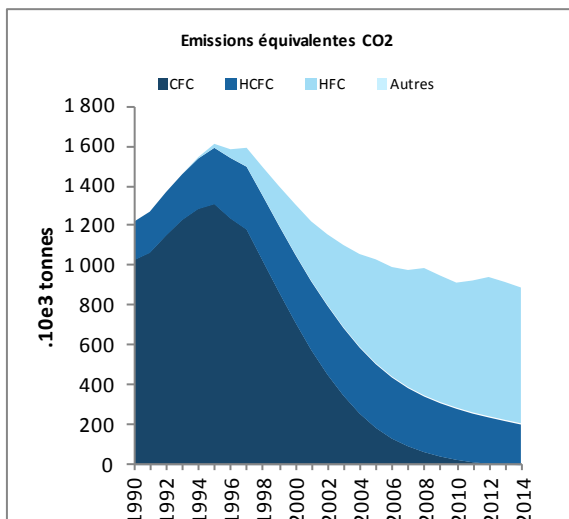


Figure VI-8 - Evolution des émissions totales en équivalent CO₂ en transport frigorifique

Tableau VI-12- Emissions totales en milliers de tonnes équivalentes CO₂ 2014 – Transport Frigorifique

CFC	R-12	1	1
HCFC	R-22	203	203
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	385	683
	R-404A	297	
	R-407C	0	
	R-410A	0	
	R-507	0	
	R-417A	0	
	R-422A	0	
	R-422D	0	
	R-427A	0	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
Autres	R-1234yf	0	0
	R-290	0	
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			887

VI.4.5 – Les quantités récupérées

Les quantités de fluides frigorigènes récupérées lors de la fin de vie des équipements s'élèvent à seulement 46 t étant donné une banque peu élevée et une faible efficacité de récupération associée au transport maritime.

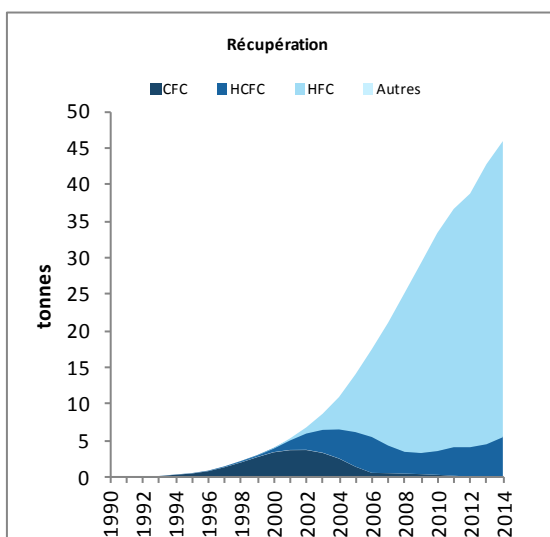


Figure VI-9 - Evolution des quantités récupérées en transport frigorifique

Tableau VI-13 - Quantités récupérées 2014 (tonnes) – Transport Frigorifique

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	6	6
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	15	40
	R-404A	25	
	R-407C	0	
	R-410A	0	
	R-507	0	
	R-417A	0	
	R-422A	0	
	R-422D	0	
	R-427A	0	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
Autres	R-1234yf	0	0
	R-290	0	
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			46

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

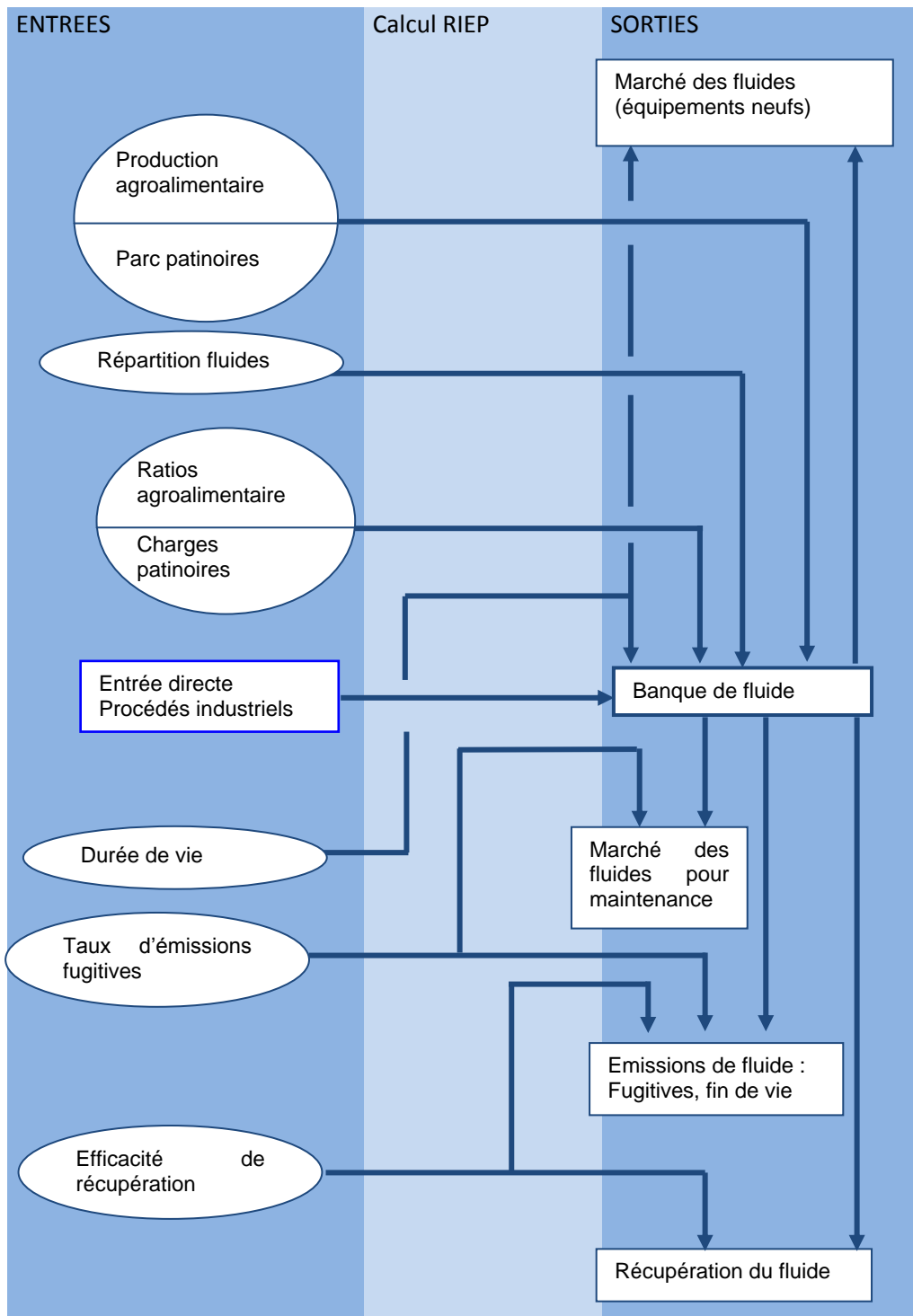


Figure VII-1 - Organigramme de la méthode de calcul utilisée pour le sous-secteur du froid industriel

VII.3 Données Industries en France métropole en 2014

VII.3.1 Production française ou parc

Industries Agroalimentaires

La base de données FAO (Food & Agriculture Association) [FAO15] permet d'obtenir les principales productions françaises des secteurs agroalimentaires. Au moment du calcul d'inventaires, les données 2014 ne sont pas encore publiées sur le site; en revanche dans la plupart des secteurs, des mises à jour apparaissent sur la période 2009-2013. Les productions 2014 ont donc été estimées à partir de la tendance 2010-2013 ; 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 2014	5 576 000	24 414 000	5 606 000	573 000

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 2014 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)
2014	2 118 000	969 000	3 373 000	16 860 000	820 000

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.

Patinoires

Le nombre de patinoires fixes installées en France est stable, évalué à 160 en 2014 selon l'annuaire du Syndicat national des patinoires [SYN14].

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 2014, 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 estimée à 780 000 tonnes en France en 2014 [CAO15].

VII.3.2 Fluides utilisés

Industries Agroalimentaires

D'après JCI [MAR15]:

- En froid négatif, les systèmes cascade (R-744 / R-717) ou cascade (R-744 / eau glycolée) avec chillers R-717 ou R-134a sont de plus en plus utilisés.

- pour les faibles puissances frigorifiques on rencontre des systèmes au R-410A ou R-407F.

- Le R-407F est utilisé en retrofit du R-404A depuis 2014

- Le R-404A n'est plus utilisé excepté pour les extensions d'installations existantes.

La tendance observée l'an dernier se poursuit donc et les premiers retrofits d'installations au R-404A se produisent. 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.

Les données récapitulées au Tableau VII-3 correspondent aux hypothèses du calcul 2014 et montrent pour les principales industries la forte évolution 2010/2014.

Tableau VII-3 – Fluides utilisés dans les installations neuves des industries agroalimentaires en 2014

Secteurs		R-134a	R-404A	R-717 (NH ₃)	R-744 (CO ₂)	R-407A ou F
Viande	2010	10 %	49 %	40 %	1 %	
	2014	20 %	15 %	45 %	15 %	5 %
Produits laitiers	2010	10 %	50 %	40 %	-	
	2014	25 %	20 %	55 %		
Entrepôts	2010	5 %	35 %	60 %	-	
	2014	14 %	15 %	60 %	10 %	1 %

Dans les hypothèses de calcul, le rythme des conversions d'installations d'industrie agroalimentaire ralentit en 2014, 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 2014

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 %
	2014	5 %	-	5 %	-	-	-
Produits laitiers	2010	10 %	2 %	2 %	1 %	-	5 %
	2014	5 %	-	5 %	-	-	3 %
Entrepôts	2010	10 %	2 %	3 %	-	-	5 %
	2014	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 avec distribution d'eau glycolée dans la piste ou ammoniac/eau glycolée pour des quantités n'excédant pas 150 kg [MAR15]. 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
2014	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 [PHI14], dans les autres industries, le R-134a est principalement utilisé dans les installations neuves. Une communication récente, qui n'a pu être prise dans les hypothèses de calcul, mentionne l'existence d'installations d'industries pétrochimiques avec du R-410A pour le froid négatif et, en cas de zone ATEX, l'utilisation du propane et du propylène. Ces informations seront quantifiées dans les prochains inventaires. Pour le calcul 2014, les hypothèses du Tableau VII-6 ont été prises en compte.

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

Procédés industriels	Chimique	Caoutchouc	Plasturgie et autres
2014	72 % R-134a 22 % R-404A 5 % R-717 1% R-407A	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 2014 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 %
2014	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) 2014	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.

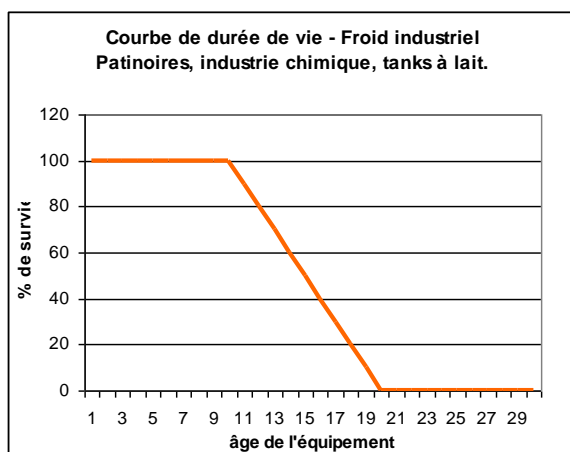


Figure VII-2 - Courbe de durée de vie pour les secteurs des patinoires, tanks à lait et de l'industrie chimique

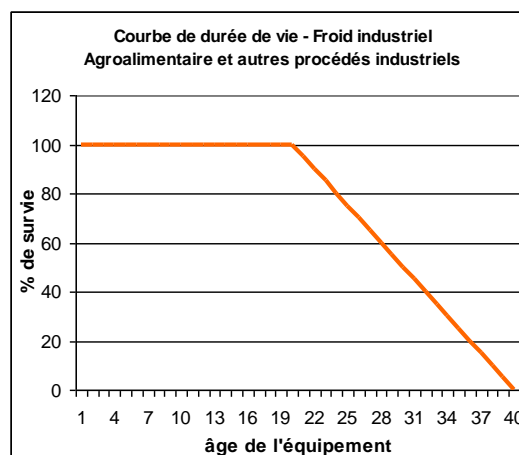


Figure VII-3 - Courbe de durée de vie pour les secteurs de l'agroalimentaire et autres procédés industriels

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

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- 2014	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

A la suite d'une remarque de Climafort sur les hypothèses prises dans les précédents inventaires, les efficacités de récupérations des secteurs comportant des installations classées ICPE (Installations Classées pour la Protection de l'Environnement) ont été modifiées. Selon le guide Environnement & risques industriels des métiers de l'agroalimentaire de 2009, les entreprises de froid industriel font partie (excepté certains entrepôts) des installations ICPE et l'efficacité de récupération dans ce secteur a été augmentée à 95 % [ROB15].

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 [PHI14]. Une correction a donc été appliquée sur l'historique depuis 2010 afin de traduire cette progression.

Tableau VII-13 - Efficacité de récupération Froid industriel

Efficacité de récupération (%)	Agroalimentaire	Patinoires	Tanks à lait	Autres procédés industriels
2014	80 à 95 %	80 %	50 %	95 %

VII.4 Résultats Froid Industriel Inventaires 2014

VII.4.1 – La banque

La banque du froid industriel est stable, estimée à 11 400 t en 2014. Elle est désormais dominée par les HFC à 54 %, la banque de R-22 se réduisant progressivement par les fins de vie et retrofit d'installations pour ne plus représenter que 9 % de la banque du froid industriel. La part de l'ammoniac est en légère croissance et représente 37 % en 2014.

D'un point de vue sectoriel, les entrepôts constituent près de 30 % de la banque de froid industriel en 2014, suivi par l'industrie chimique (20 %) et celle de la viande (15 %).

Tableau VII-14 - Banque 2014 (tonnes) – Froid Industriel

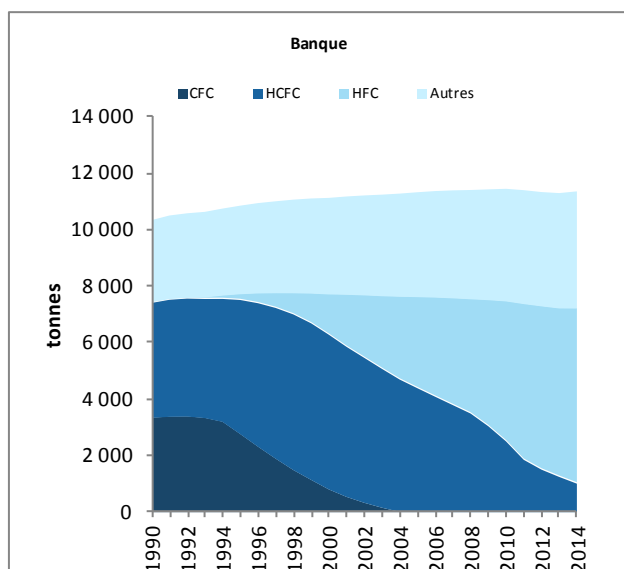


Figure VII-4 - Evolution de la banque de fluides frigorigènes du froid industriel

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	1 010	1 010
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	2 185	6 182
	R-404A	3 622	
	R-407C	0	
	R-410A	0	
	R-507	12	
	R-417A	63	
	R-422A	58	
	R-422D	163	
	R-427A	50	
	R-407A	20	
	R-407F	9	
R-1234yf	0		
Autres	R-290	0	4 176
	R-600a	0	
	R-717	4 112	
	R-744	63	
TOTAL			11 367

VII.4.2 – La demande

Après une période de forte croissance, liée à une forte 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, s'est maintenue jusqu'en 2013. En 2014, le marché neuf reprend et croît de 5 %.

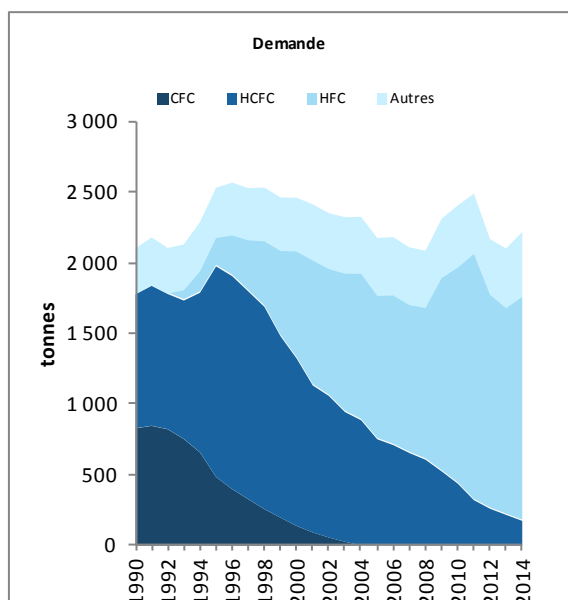


Figure VII-5 – Evolution de la demande totale de fluides frigorigènes en froid industriel

Tableau VII-15 - Demande totale 2014 (tonnes) – Froid Industriel

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	175	175
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	670	1 586
	R-404A	781	
	R-407C	0	
	R-410A	0	
	R-507	2	
	R-417A	22	
	R-422A	20	
	R-422D	63	
	R-427A	17	
	R-407A	8	
	R-407F	2	
R-1234yf	0		
Autres	R-290	0	460
	R-600a	0	
	R-717	436	
	R-744	24	
TOTAL			2 221

Globalement, la demande totale du froid industriel (Tableau VII-15) est dominée par le R-404A qui, même s'il est moins utilisé en 2014 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, elle impacte 25 % de la demande totale du froid industriel.

VII.4.3 – Les émissions totales

Le niveau 2014 des émissions totales dues à l'ensemble du secteur du froid industriel est estimé à près de 1 500 t, à 90 % constituées des émissions fugitives du parc des installations. A l'image de la banque, 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 12 % des émissions totales en 2014.

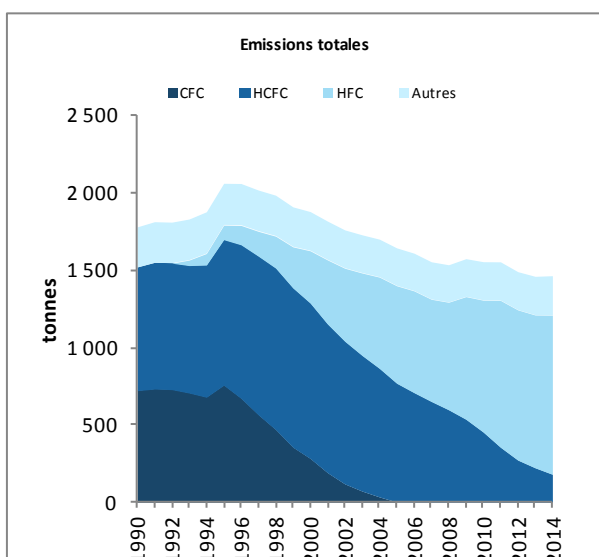


Figure VII-6 - Evolution des émissions totales de fluides frigorigènes en froid industriel

Tableau VII-16 - Emissions totales 2014 (tonnes) – Froid Industriel

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	182	182
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	371	1 031
	R-404A	592	
	R-407C	0	
	R-410A	0	
	R-507	2	
	R-417A	12	
	R-422A	11	
	R-422D	30	
	R-427A	9	
	R-407A	4	
	R-407F	2	
	R-1234yf	0	
	Autres	R-290	
R-600a		0	
R-717		249	
R-744		3	
TOTAL			1 465

VII.4.4 – Les émissions en équivalent CO₂

Le froid industriel est responsable de plus de 3,3 millions de tonnes d'émissions de CO₂ équivalent en 2014, dues à 90 % aux HFC et à 70 % au R-404A dont le PRG a été réévalué à 3900 dans le 4^{ème} rapport du GIEC.

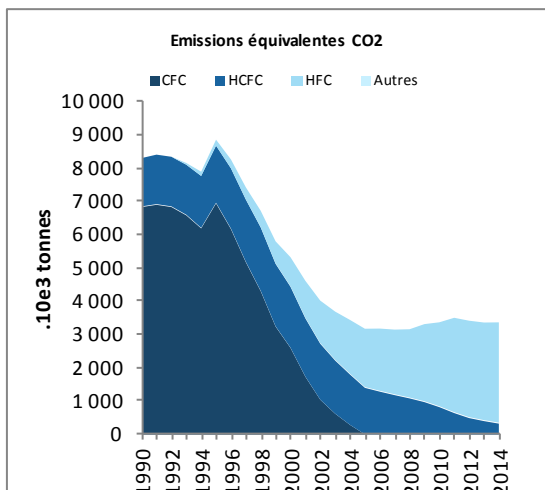


Figure VII-7 - Evolution des émissions totales en équivalent CO₂ en froid industriel

Tableau VII-17- Emissions totales en milliers de tonnes équivalentes CO₂ 2014 – Froid Industriel

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	329	329
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	530	3 018
	R-404A	2310	
	R-407C	0	
	R-410A	0	
	R-507	9	
	R-417A	27	
	R-422A	33	
	R-422D	81	
	R-427A	18	
	R-407A	8	
	R-407F	3	
	R-1234yf	0	
	Autres	R-290	
R-600a		0	
R-717		0	
R-744		0	
TOTAL			3 347

D'un point de vue sectoriel, les parts de l'industrie chimique et des entrepôts sont estimées à 27 % et 20 %, 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) due au nombre important de retrofits et conversions d'installations aux HCFC. En 2014, le R-22 représente encore 38 % des 500 t de fluides récupérés pour ce secteur.

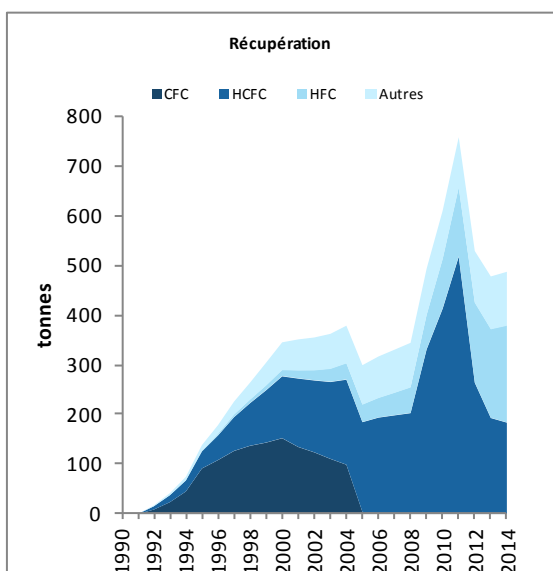


Figure VII-8 - Evolution des quantités récupérées en froid industriel

Tableau VII-18 - Quantités récupérées 2014 (tonnes) – Froid Industriel

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	185	185
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	91	196
	R-404A	65	
	R-407C	0	
	R-410A	0	
	R-507	2	
	R-417A	8	
	R-422A	8	
	R-422D	13	
	R-427A	7	
	R-407A	1	
	R-407F	0	
	R-1234yf	0	
	Autres	R-290	
R-600a		0	
R-717		108	
R-744		1	
TOTAL			489

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.

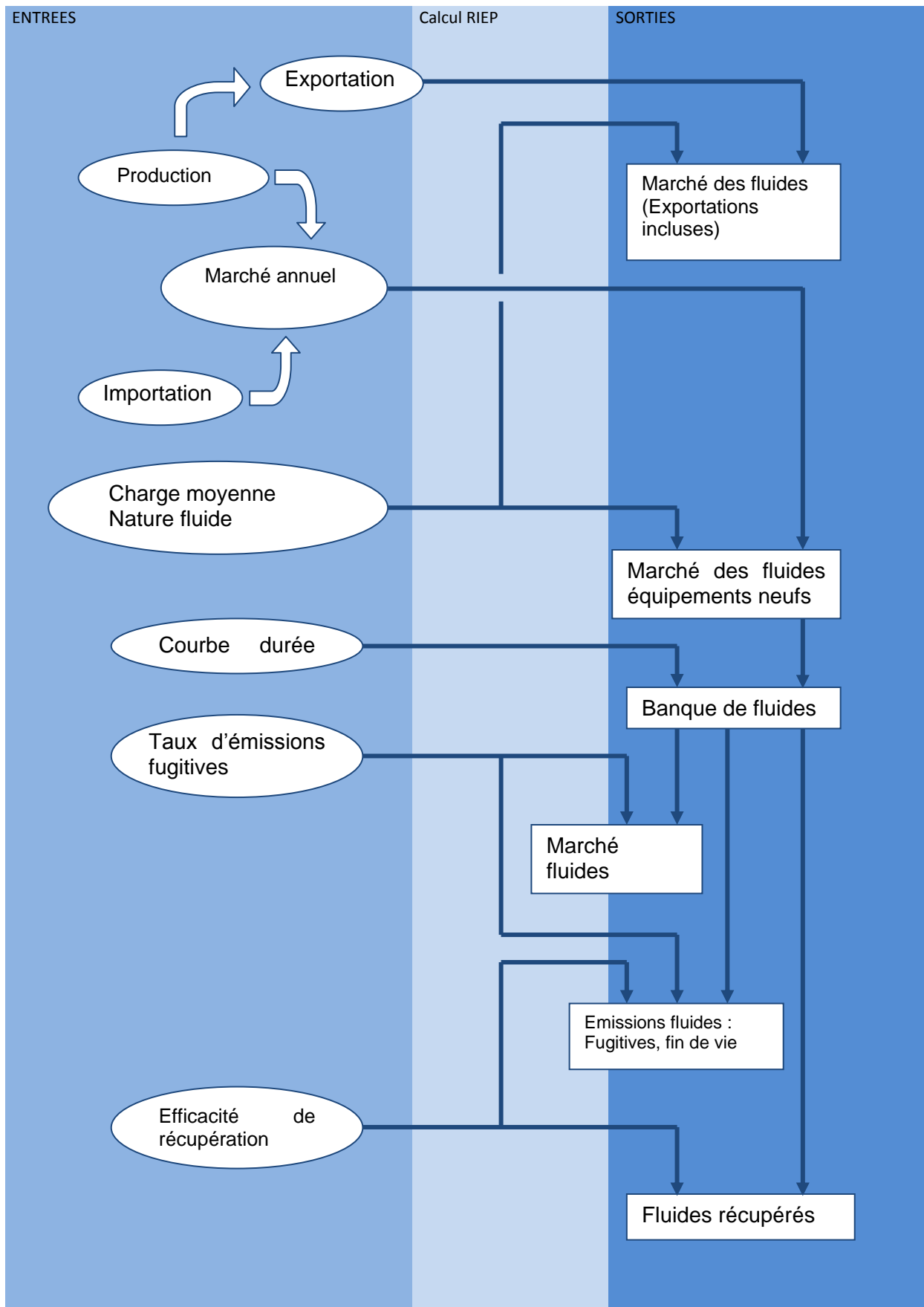


Figure VIII-1 - Organigramme de la méthode utilisée pour le secteur des GRE

VIII.3 Les GRE en France en 2014

VIII.3.1 Le marché

Clim'Info n'a pu communiquer cette année les données détaillées confidentielles qu'il transmettait habituellement pour la réalisation des inventaires ([OHL13, DUP13]), notamment les marchés par gamme de puissance. Les marchés ont été estimés à partir des données publiées en considérant:

- une progression de 11,5% au total du marché des chillers par rapport à 2013 [UNI15];
- la même répartition par puissance qu'en 2013.

Le Tableau VIII-2 présente les 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]. L'estimation 2014 est également à confirmer.

Tableau VIII-2 Evolution des marchés GRE et données 2014

Marchés (nombre unités)	2000	2005	2010	2014
GRE toutes puissances	9 830	13 510	7 380	6 916
Estimation Compresseurs centrifuges	49	53	56	50

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	2014
GRE toutes puissances	17 680	23 580	12 780	11 920
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 2013 de Clim Info [OHL13].

Concernant les chillers centrifuges, le R-1234ze et le R-1233yd sont à l'étude [ROB15] pour le retrofit des installations mais ils ne sont pas encore utilisés par crainte d'une perte de puissance.

Tableau VIII-4 - Fluides utilisés sur le marché neuf des GRE 2010-2014

Fluides utilisés	2010	2014
GRE P < 50 kW	R-407C (31 %) R-410A (69%)	R-407C (20 %) R-410A (80 %)
GRE 50 < P < 350 kW	R-407C (45 %) R-410A (53 %) R-717 (2 %)	R-407C (8 %) R-410A (91 %) R-717 (1 %)
GRE P > 350 kW	R-407C (22,5 %) R-410A (25,5 %) R-134a (50 %) R-717 (2 %)	R-407C (23 %) R-410A (36 %) 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 [ROB15].

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 2014

RATIOS DE CHARGES (kg/ kW) 2014			
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.

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

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

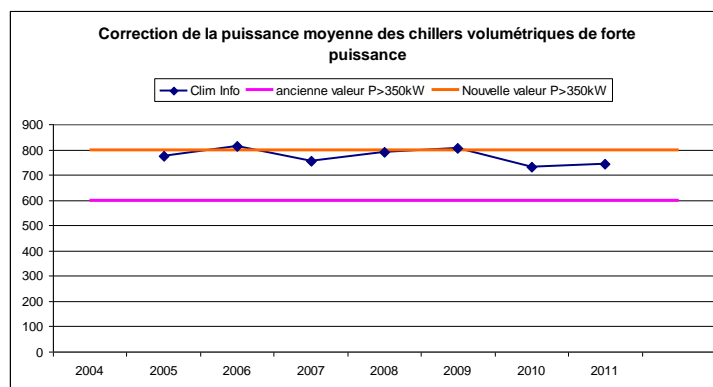


Figure VIII-2 – Correction de la puissance moyenne des chillers de forte puissance (> 350 kW)

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.

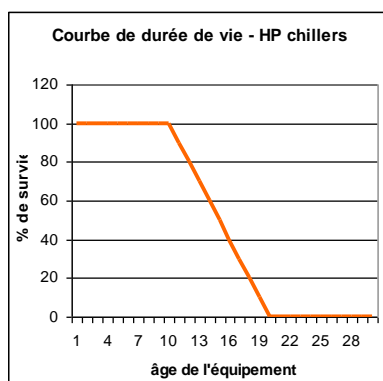


Figure VIII-3 – Courbe de durée de vie des GRE de petites et moyennes puissances

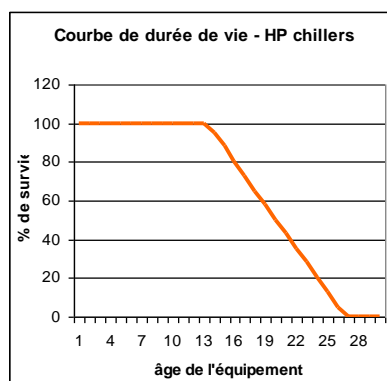


Figure VIII-4 – Courbe de durée de vie des GRE de fortes puissances

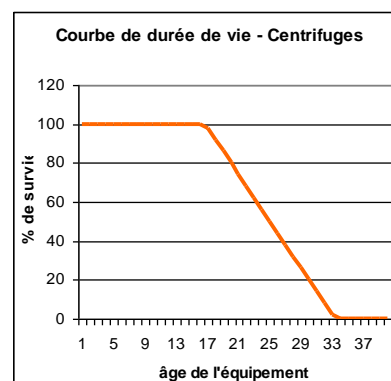


Figure VIII-5 – Courbe de durée de vie des GRE centrifuges

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 [ROB15], les niveaux d'émissions des équipements neufs sont supposés stables sur 2010-2014. Une remarque de Climafort concernant les contraintes des installations classées ICPE a conduit à la correction sur l'historique de l'efficacité de récupération dans le secteur des chillers centrifuges. Pour les autres applications, une poursuite de la tendance à l'amélioration de la récupération en fin de vie des équipements est prise en compte (Tableau VIII-6).

Tableau VIII-6– Taux d'émissions et efficacité de récupération en fin de vie des GRE en 2014

GRE	Petite puissance	Moyenne puissance	Forte puissance	Centrifuges
Taux d'émission (%)	10 %	5 %	5 %	3,5 %
Récupération fin de vie (%)	78 %	78 %	78 %	95 %

VIII.4 Résultats GRE – Inventaires 2014

VIII.4.1 – La banque

La banque du secteur des GRE est estimée à 7 800 t en 2014. Du fait de la diminution des ratios de charge des équipements neufs, elle est en décroissance continue, de 3 % par rapport à 2013. Bien que le R-410A soit en forte progression sur le marché neuf et que sa banque augmente de 14 % par an, étant données les durées de vie élevées des installations, la banque est encore majoritairement constituée de R-407C, à 32 %. La banque de R-22 est réduite à 1 150 t du fait de nombreux retrofits et renouvellements d'installations depuis 2009.

D'un point de vue sectoriel, la banque totale des GRE est dominée par les chillers volumétriques de puissance supérieure à 350 kW à 60 %.

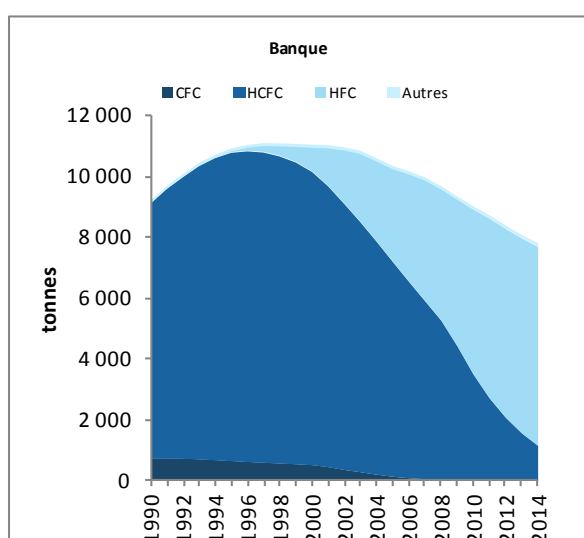


Figure VIII-6 - Evolution de la banque de fluides frigorigènes des GRE

Tableau VIII-7 - Banque 2014 (tonnes) – Chillers

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	1 160	1 160
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	2 235	6 517
	R-404A	0	
	R-407C	2 522	
	R-410A	1 301	
	R-507	0	
	R-417A	0	
	R-422A	0	
	R-422D	320	
	R-427A	139	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
R-1234yf	0		
Autres	R-290	0	92
	R-600a	0	
	R-717	92	
	R-744	0	
TOTAL			7 768

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 1 500 t pour les GRE, dont près de la moitié (43 %) pour la maintenance du parc. L'allure irrégulière de la demande est liée à celle du marché neuf, fortement impacté par le marché irrégulier des chillers de forte puissance.

Etant donné que le secteur des chillers concentre 43 % du marché du R-410A, il est possible que certaines hypothèses de retrofit soient trop faibles étant donné l'écart avec le marché déclaré cette année. Ce point sera revu l'an prochain.

Tableau VIII-8 - Demande totale 2014 (tonnes) – Groupes Refroidisseurs à Eau

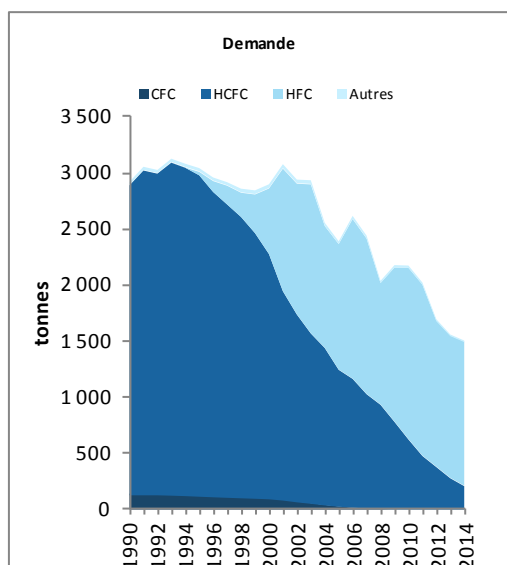


Figure VIII-7 – Evolution de la demande totale de fluides frigorigènes pour les GRE

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	208	208
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	521	1 286
	R-404A	0	
	R-407C	312	
	R-410A	422	
	R-507	0	
	R-417A	0	
	R-422A	0	
	R-422D	29	
	R-427A	1	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
R-1234yf	0		
Autres	R-290	0	14
	R-600a	0	
	R-717	14	
	R-744	0	
TOTAL			1 508

Le besoin en R-22 nécessaire à la maintenance des chillers fonctionnant encore avec des HCFC est évalué à 210 t en 2014 et représente 14 % de la demande totale.

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 des émissions du secteur (Figure VIII-8), à environ 900 t en 2014, soit 8 % de moins qu'en 2013. C'est le secteur des chillers de forte puissance qui, à l'image de la banque, domine les émissions.

Tableau VIII-9 - Emissions totales 2014 (tonnes) – Groupes Refroidisseurs à Eau

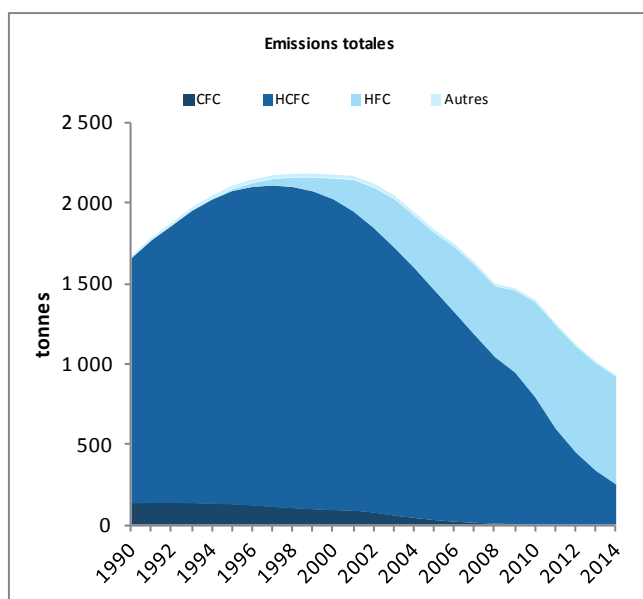


Figure VIII-8 - Evolution des émissions totales de fluides frigorigènes pour les GRE

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	254	254
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	238	672
	R-404A	0	
	R-407C	238	
	R-410A	107	
	R-507	0	
	R-417A	0	
	R-422A	0	
	R-422D	62	
	R-427A	27	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
R-1234yf	0		
Autres	R-290	0	10
	R-600a	0	
	R-717	10	
	R-744	0	
TOTAL			935

VIII.4.4 – Les émissions en équivalent CO₂

Les émissions du secteur des GRE s'élèvent à 1,7 millions de tonnes d'équivalent CO₂ en 2014, également en baisse de 9 % par rapport à 2013. Les fluides utilisés dans le secteur des chillers ayant des PRG relativement proches, la répartition sectorielle des émissions équivalentes CO₂ est assez similaire à celles des émissions totales, dominée par les chillers de forte puissance.

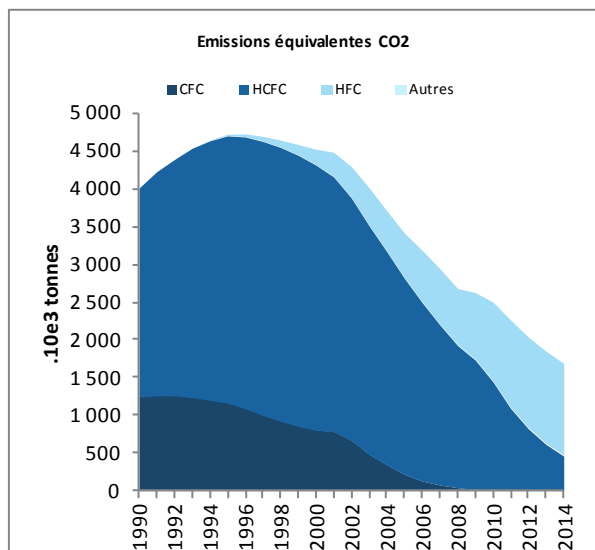


Figure VIII-9 - Evolution des émissions totales en équivalent CO₂ pour les GRE

Tableau VIII-10 - Emissions totales en milliers de tonnes équivalentes CO₂ 2014 – GRE

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	459	459
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	341	1 215
	R-404A	0	
	R-407C	429	
	R-410A	224	
	R-507	0	
	R-417A	0	
	R-422A	0	
	R-422D	169	
	R-427A	54	
	R-407A	0	
R-407F	0		
R-1234yf	0		
Autres	R-290	0	0
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			1 674

VIII.4.5 – Les quantités récupérées

Les quantités de fluides frigorigènes récupérées sont à nouveau en légère baisse par rapport à 2013, les retrofits d'installations étant moins nombreux qu'en 2010-2011. Cependant les niveaux de retrofits envisagés pour 2014 seront revus l'an prochain afin de vérifier s'ils ne peuvent expliquer en partie l'écart avec les marchés déclarés. Les quantités récupérées sont principalement du R-22 (53 %).

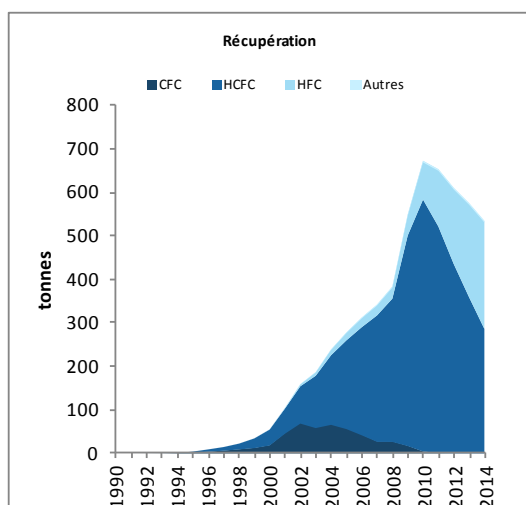


Figure VIII-10 - Evolution des quantités récupérées pour les GRE

Tableau VIII-11 - Quantités récupérées 2014 (tonnes) – Groupes Refroidisseurs à Eau

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	286	286
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	94	247
	R-404A	0	
	R-407C	68	
	R-410A	5	
	R-507	0	
	R-417A	0	
	R-422A	0	
	R-422D	56	
	R-427A	24	
	R-407A	0	
R-407F	0		
R-1234yf	0		
Autres	R-290	0	4
	R-600a	0	
	R-717	4	
	R-744	0	
TOTAL			537

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).

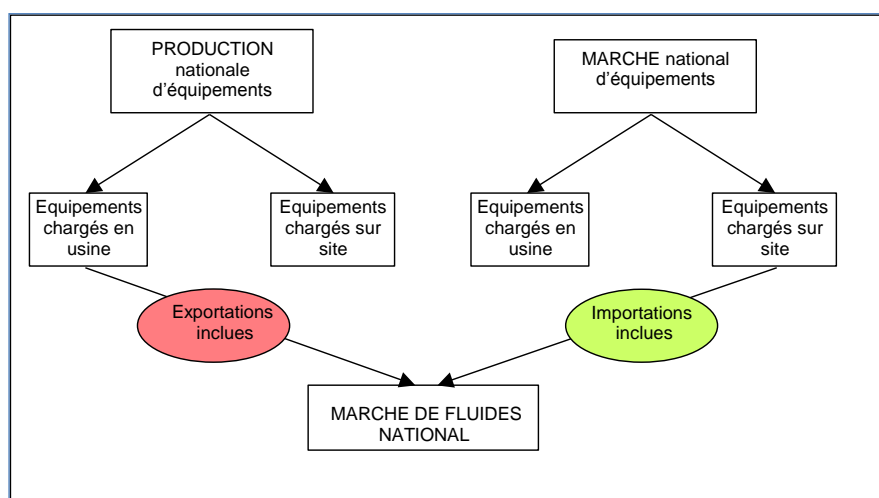


Figure IX-1 – Prise en compte des lieux de charge dans le calcul du marché des fluides frigorigènes, pour le secteur de la climatisation à air

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 2014 en France

IX.3.1 - Le marché

Comme chaque année, les statistiques de marchés publiées par Clim'Info [CLI15] et Uniclimate [UNI15] sont utilisées. Cette année certains chiffres n'ont pas été publiés et ont dû être estimés sur la base des données 2013. Ils sont marqués d'une astérisque au tableau suivant. Par ailleurs, 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 2014.

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
2014	70 000*	484*	268 747	77 290	15 881	4 065	1 651 *	1 000*	1 085*

* valeurs estimées.

**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.

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

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.

Le Tableau IX-4 présente les estimations des productions des équipements en 2014. 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 2014
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 premiers équipements utilisant du R-290 apparaissent sur le marché français, tel que les climatisations de type mobile chez Delhongi [DEL15] mentionnant un label "ECO No CFC-HCFC-HFC".

La croissance de la part des hydrocarbures est prise en compte pour ce type d'équipement.

Les autres hypothèses des fluides utilisés en 2014 ont été estimées sur la base des hypothèses 2013, faute d'informations plus récentes. Elles 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 2014

Fluides	2010	2014
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	1 % R-407C, 99 % 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). 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.

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

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.

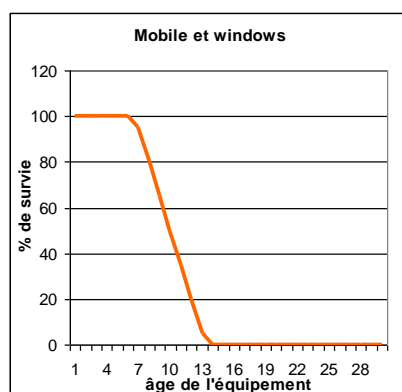


Figure IX-2– Courbe de durée de vie des équipements de type mobile et climatisation fenêtre

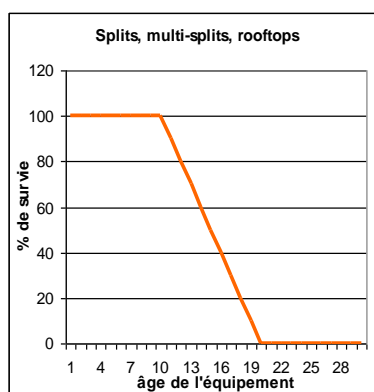


Figure IX-3 – Courbe de durée de vie des équipements de type split, multi split et roof top

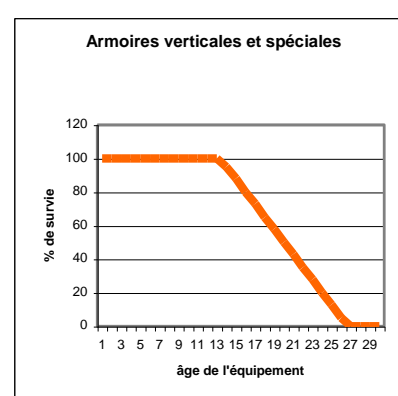


Figure IX-4– Courbe de durée de vie des équipements de type armoire

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 2014									
	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 %	5 %
Récupération fin de vie	22 %	18 %	19 %	27 %	25 %	76 %	70 %	77 %	22%

IX.4 - Résultats de la climatisation à air – Inventaires 2014

IX.4.1 – La banque

La banque des équipements de climatisation à air est en croissance continue, de 3 % par rapport 2013. Elle est estimée à 8 600 t en 2014, dominée par le R-410A à 65 % et, d'un point de vue sectoriel, par la banque des splits (40 %) et des multisplits (22 %).

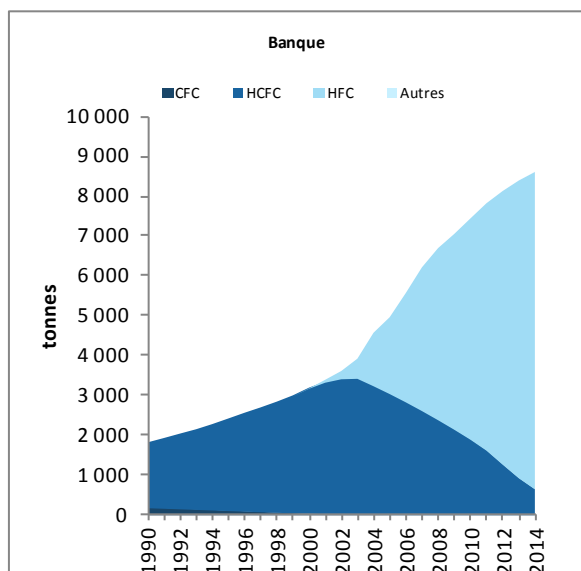


Figure IX-5 - Evolution de la banque de fluides frigorigènes de la climatisation à air

Tableau IX-8 - Banque 2014 (tonnes) – La climatisation à air

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	653	653
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	247	7 966
	R-404A	0	
	R-407C	1 882	
	R-410A	5 587	
	R-507	0	
	R-417A	125	
	R-422A	0	
	R-422D	125	
	R-427A	0	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
	R-1234yf	0	
	Autres	R-290	
R-600a		0	
R-717		0	
R-744		0	
TOTAL			8 619

IX.4.2 – La demande

La demande totale du secteur de la climatisation à air est évaluée à 800 t en 2014, en forte diminution par rapport à 2013 à cause de la réduction de la demande estimée pour les besoins de maintenance du parc. Le modèle de calcul imposant le respect d'un seuil à atteindre pour qu'un équipement subisse une opération, cela conduit à une demande pour la maintenance oscillante (Figure IX-6). Les seuils devront être vérifiés lors des prochains inventaires.

De ce fait, les résultats présentés au Tableau IX-9 sont marqués d'une forte incertitude; de plus, les données de production des équipements chargés d'usine sont peu précises. Le marché de R-410A présente un écart particulièrement important avec les marchés déclarés cette année. Le secteur Climatisation à air devra être revu l'an prochain afin de vérifier d'une part les données statistiques manquantes et, d'autre part, le modèle de calcul utilisé pour la maintenance.

La demande pour la maintenance des installations concerne principalement les applications splits et multisplits.

Tableau IX-9 - Demande totale 2014 (tonnes) – Climatisation à air

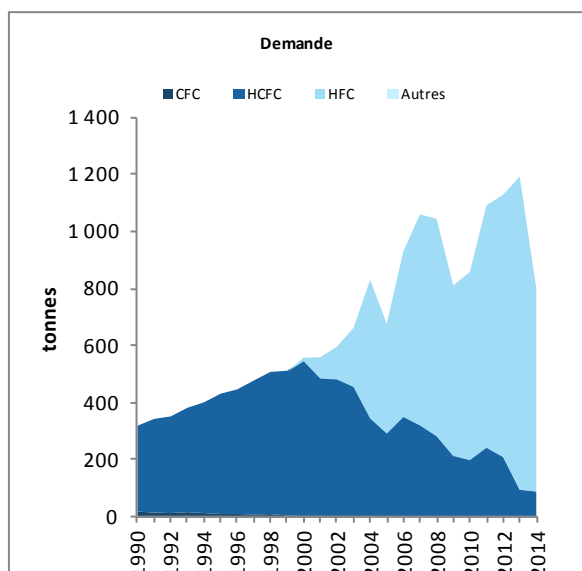


Figure IX-6 – Evolution de la demande totale de fluides frigorigènes pour la climatisation à air.

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	91	91
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	51	712
	R-404A	0	
	R-407C	138	
	R-410A	419	
	R-507	0	
	R-417A	32	
	R-422A	0	
	R-422D	72	
	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			803

IX.4.3 – Les émissions totales

Les émissions totales du secteur de la climatisation à air sont estimées à 910 t pour 2014, en croissance de 2 % par rapport à 2013 du fait de la croissance du parc d'équipements.

Tableau IX-10 - Emissions totales 2014 (tonnes) de la climatisation à air

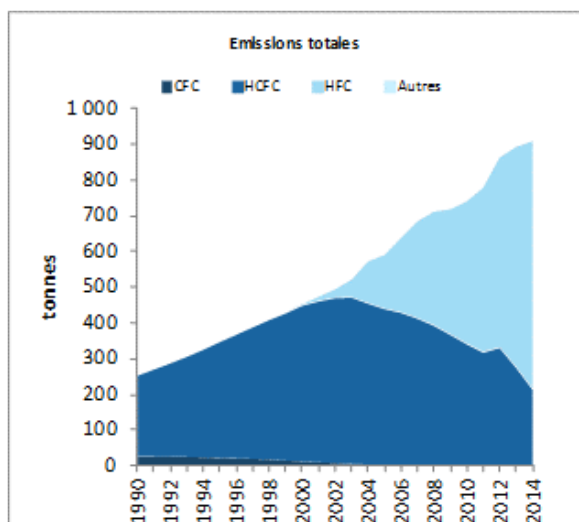


Figure IX-7 - Evolution des émissions totales de fluides frigorigènes des équipements de climatisation à air.

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	214	214
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	28	696
	R-404A	0	
	R-407C	186	
	R-410A	421	
	R-507	0	
	R-417A	27	
	R-422A	0	
	R-422D	35	
	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			911

Les émissions sont désormais dominées par le R-410A, à 46 %. 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 23 % du total (Tableau IX-2). Il conviendra de vérifier l'an prochain si les hypothèses de retrofit sont suffisantes.

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 PRG des fluides utilisés dans ce secteur sont proches, ce qui explique que les évolutions des émissions CO₂ (Figure IX-8) et 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 (PRG=2 100 selon le 4^{ème} rapport du GIEC) à 49 %.

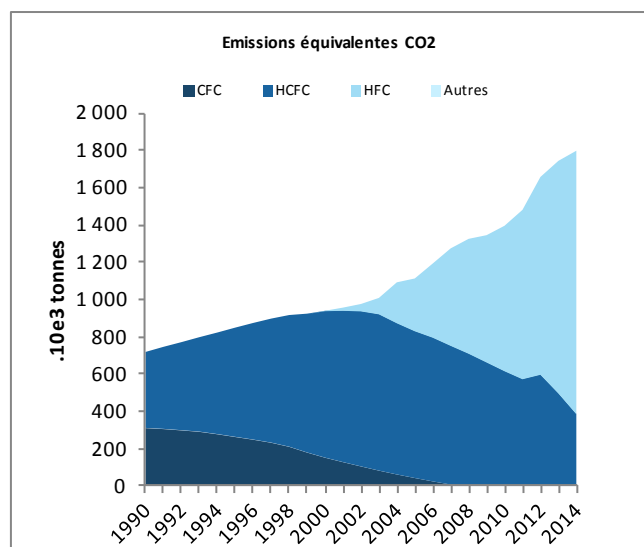


Figure IX-8 - Evolution des émissions totales en équivalent CO₂ de la climatisation à air

Tableau IX-11 - Emissions totales en milliers de tonnes éq. CO₂ 2014 – Climatisation à air

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	388	388
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	40	1 414
	R-404A	0	
	R-407C	334	
	R-410A	885	
	R-507	0	
	R-417A	61	
	R-422A	0	
	R-422D	94	
	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			1 802

IX.4.5 – Les quantités récupérées

Le niveau des quantités récupérées est faible, de l'ordre de 175 tonnes en 2014, certaines filières de fin 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.

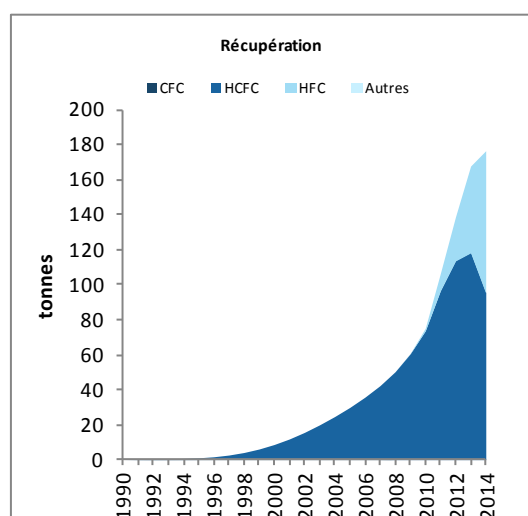


Figure IX-9 - Evolution des quantités récupérées de la climatisation à air

Tableau IX-12 - Quantités récupérées 2014 (tonnes) – Climatisation à air

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	95	95
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	3	81
	R-404A	0	
	R-407C	30	
	R-410A	25	
	R-507	0	
	R-417A	17	
	R-422A	0	
	R-422D	6	
	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			177

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 depuis les inventaires 2013, 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 2014

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 2014 s'appuie sur les données communiquées lors de la 2ème journée de la pompe à chaleur [PAC14] et sont présentées au Tableau X-1. Une très forte augmentation du marché des PAC air/eau est à noter en 2014 (+29%) après plusieurs années de stagnation autour des 50/55 000 unités. En revanche, le secteur géothermique est toujours en baisse.

Tableau X-1 – Marché des PAC résidentielles

PAC	2010	2013	2014
Air/ eau	53 854	53 925	69 671
Eau/eau	6 658	3 693	3 007
Sol/sol et sol/eau	2 299	1 231	706
Chauffe-eaux thermodynamiques	20 844	45 950	72 539

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 2014. Les chauffe-eaux thermodynamiques utilisent uniquement le R-134a, en système hermétique. Les hypothèses 2014 sont récapitulées au Tableau X-2.

Tableau X-2– Fluides utilisés sur le marché neuf des PAC résidentielles en 2010-2014

Fluides utilisés 2014	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

Les hypothèses n'ont pas évolué dans le cadre des inventaires 2014 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.

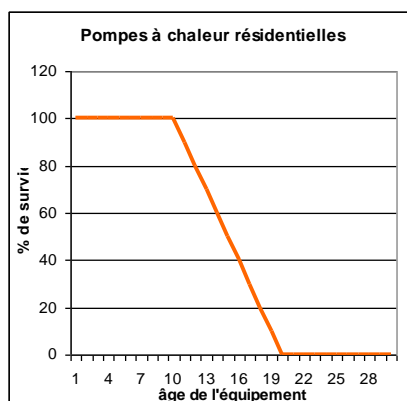


Figure X-1 - Courbe de durée de vie des pompes à chaleur résidentielles

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 2014	2 %	5 %	0,01 %
Efficacité de récupération 2014	35 %	35 %	35 %

X.4 Résultats des PAC – Inventaires 2014

X.4.1 – La banque

La banque des PAC est en croissance régulière, de 8 % par rapport à 2013, et estimée à 3 440 t en 2014. Elle représente actuellement seulement 6 % de la banque totale de fluides frigorigènes en France. Elle reste dominée par le R-410A à 56 %.

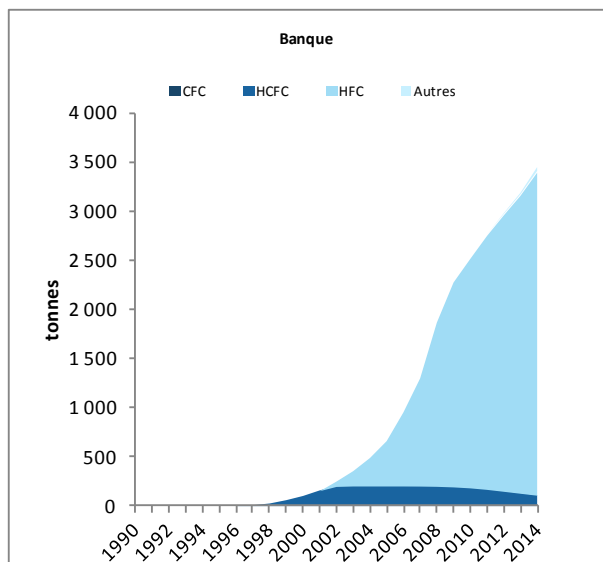


Figure X-2 - Evolution de la banque de fluides frigorigènes des PAC

Tableau X-5 - Banque 2014 (tonnes) – PAC

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	106	106
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	262	3 297
	R-404A	0	
	R-407C	1 041	
	R-410A	1 935	
	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	39	39
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			3 443

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 2013. Son niveau est à confirmer, les données de production d'équipement n'étant pas précisément connues.

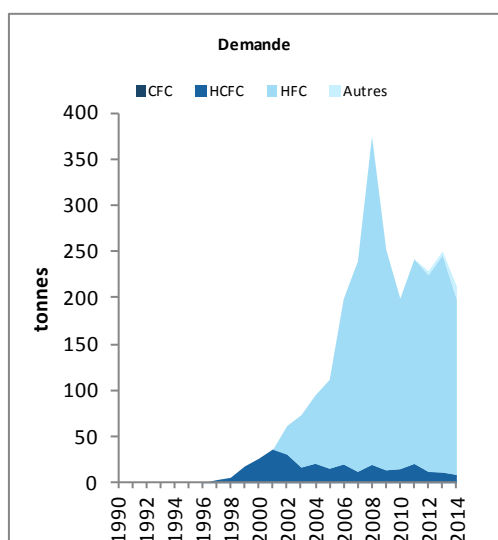


Figure X-3 – Evolution de la demande totale de fluides frigorigènes pour les PAC

Tableau X-6 - Demande totale 2014 (tonnes) – PAC

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	9	9
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	30	189
	R-404A	0	
	R-407C	27	
	R-410A	133	
	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	14	14
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			212

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 30 t en 2014.

X.4.3 – Les émissions totales

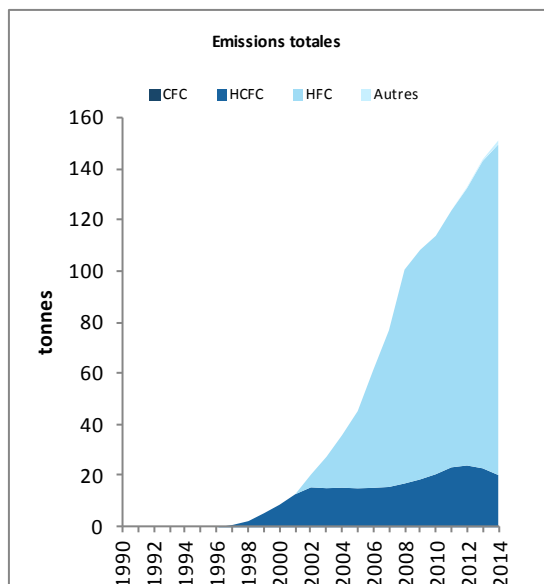


Figure X-4 - Evolution des émissions totales de fluides frigorigènes du secteur PAC

Tableau X-7 - Emissions totales 2014 (tonnes) – PAC

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	20	20
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	8	129
	R-404A	0	
	R-407C	63	
	R-410A	57	
	R-507	0	
	R-417A	2	
	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			151

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 2014. 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

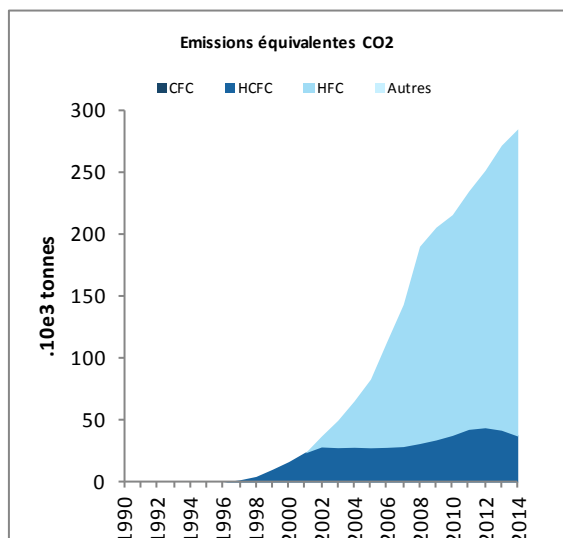


Figure X-5 - Evolution des émissions totales en équivalent CO₂ secteur PAC

Tableau X-8 - Emissions totales en milliers de tonnes équivalentes CO₂ 2014 – PAC

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	37	37
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	11	247
	R-404A	0	
	R-407C	114	
	R-410A	120	
	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			285

L'impact du secteur des PAC sur les émissions CO₂ équivalentes est faible, de seulement 285 000 t, peu d'équipements étant parvenus en fin de vie et les taux d'émissions et charges étant faibles.

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 16 t en 2014.

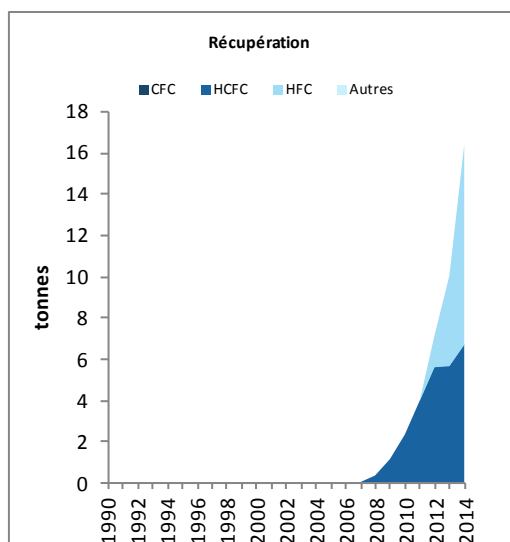


Figure X-6 - Evolution des quantités récupérées dans le secteur PAC

Tableau X-9 - Quantités récupérées 2014 (tonnes) – PAC

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	7	7
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	1	10
	R-404A	0	
	R-407C	8	
	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	0
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			16

XI. LA CLIMATISATION EMBARQUEE

XI.1 Structuration du secteur

Le secteur de la climatisation embarquée se divise en cinq 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.
- Le secteur des tramways climatisés est introduit cette année à la demande du ministère. Ces équipements sont peu nombreux, les quantités de fluides frigorigènes en jeux sont très faibles.

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.

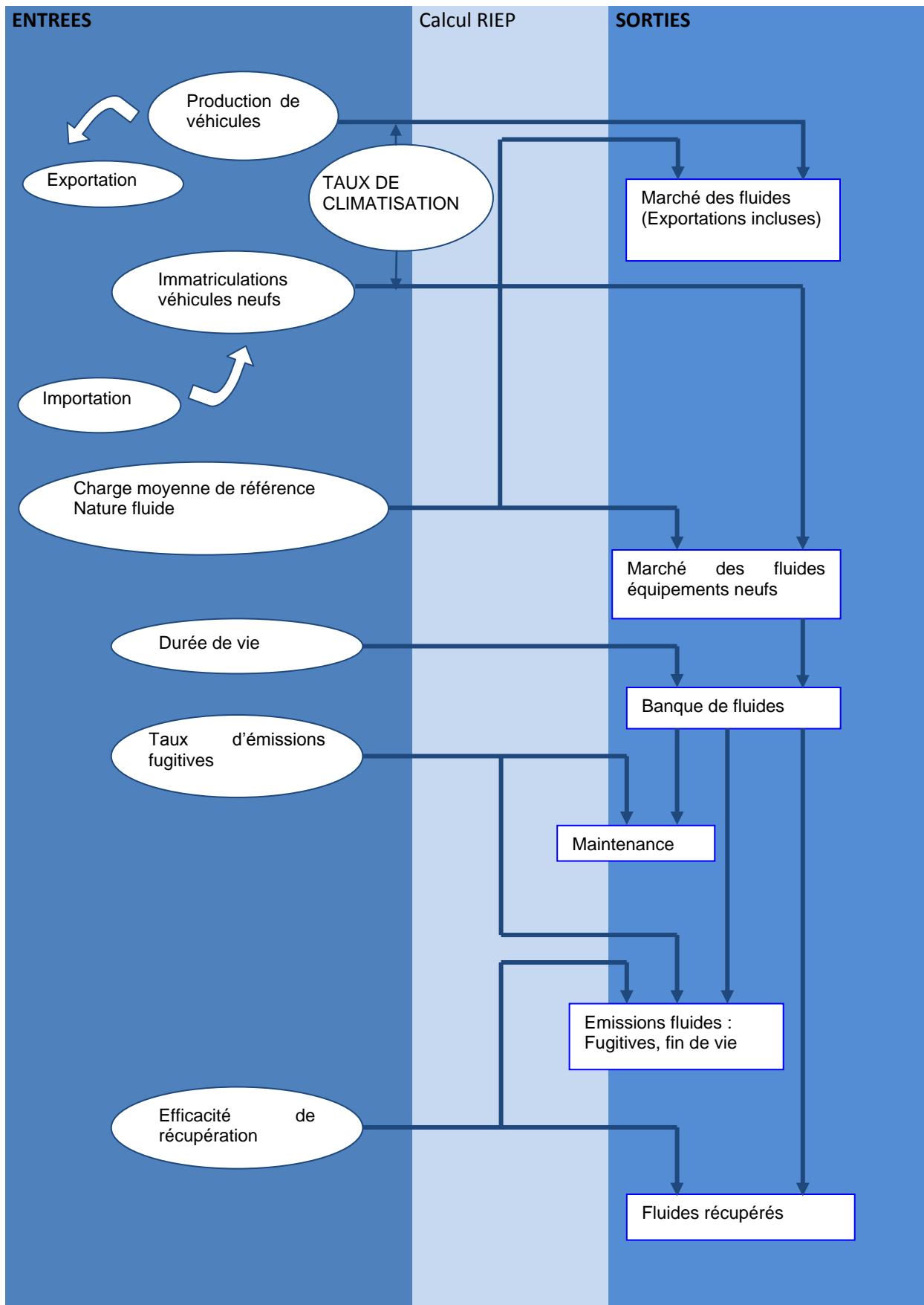


Figure XI-1– Organigramme de la méthode utilisée pour le secteur de la climatisation embarquée

XI.3.1 La production et le marché

Chaque année, les données publiées par le CCFA, Comité des Constructeurs Français d'Automobiles [CCF15] et l'OICA, Organisation Internationale des Constructeurs Automobiles, [OIC15] sont utilisées pour la mise à jour des statistiques de marchés et productions de véhicules. Cependant, pour l'année 2014, 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	Tramways
2010	1 908 826	29 702	3 475	68
2014	1 821 000	25 702	3 300	88

Tableau XI-2– Nouvelles immatriculations de véhicules

MARCHES	Véhicules particuliers et VUL jusqu'à 5 t	Véhicules Industriels	Cars et bus	Tramways
2010	2 669 281	41 773	5 382	68
2014	2 540 000	37 559	5 409	88

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 2014.

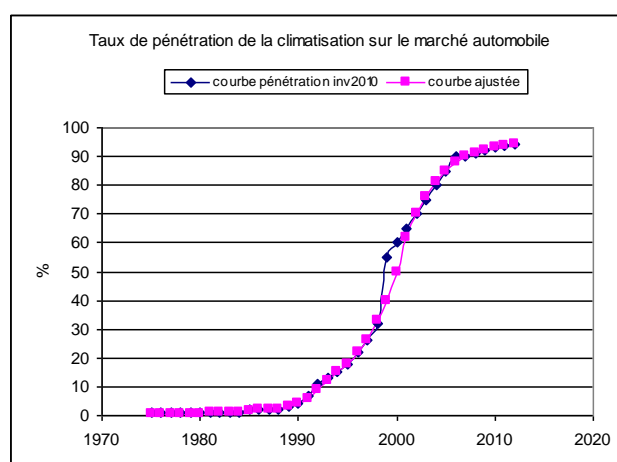


Figure XI-2 – Lissage de la courbe de pénétration de la climatisation sur le marché automobile

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 2014.

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.

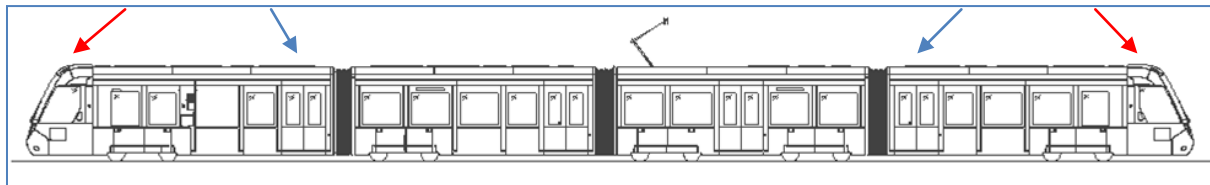


Figure XI-3 - Répartition des systèmes de climatisation sur une rame de tramways.

Les tramways en France sont généralement construit 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 tramways 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 2014 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 renouveau 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 2014.

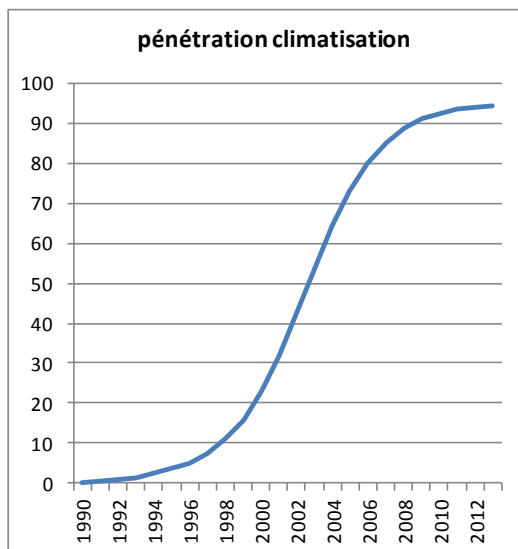


Figure XI-4 - Courbe de pénétration de la climatisation sur le marché neuf des tramways

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-1234yz sur les nouvelles plateformes de production automobile qui devait débiter 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 7 %, 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
2014	0,5	0,73	10	10,3	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-5 et Figure XI-6) 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 %.

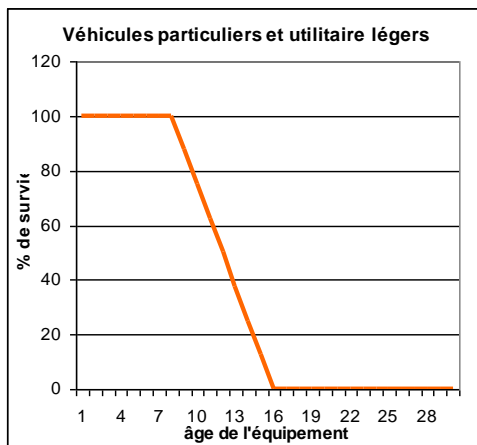


Figure XI-5– Courbe de durée de vie des véhicules particuliers et utilitaires légers ainsi que véhicules industriels

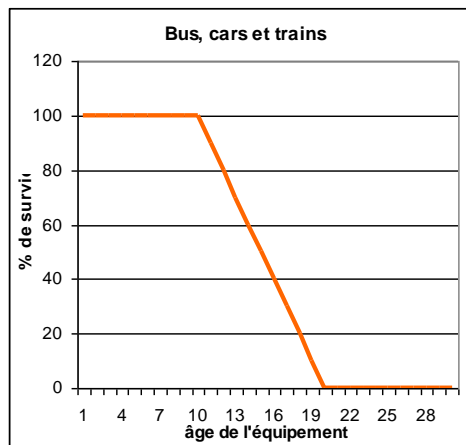


Figure XI-6– Courbe de durée de vie des cars et bus et des trains

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 et tramways
2010	2 %	0,5 %	0,5 %	59 %
2014	7 %	1 %	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.

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 %
2014	80 %	65 %	67 %	95 %

XI.3.6 Le taux d'émissions

Les niveaux d'émissions caractérisant les véhicules neufs sont maintenus en 2014, 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 2010-2014.

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 et tramways (% de la charge)
2014	25 g/an	35 g/an	14%	5 %

XI.4 Résultats climatisation embarquée – Inventaires 2014 France métropole

XI.4.1 – La banque

La banque de la climatisation embarquée est stable depuis 2012. Elle est estimée à 15 900 t en 2014, constituée quasi exclusivement de R-134a (à 97 %), la banque de CFC étant éliminée depuis 2006. La banque de R-1234yf commence à se constituer traduisant la mise sur le marché des premiers véhicules utilisant ce HFO; elle est estimée à 300 t environ en 2014.

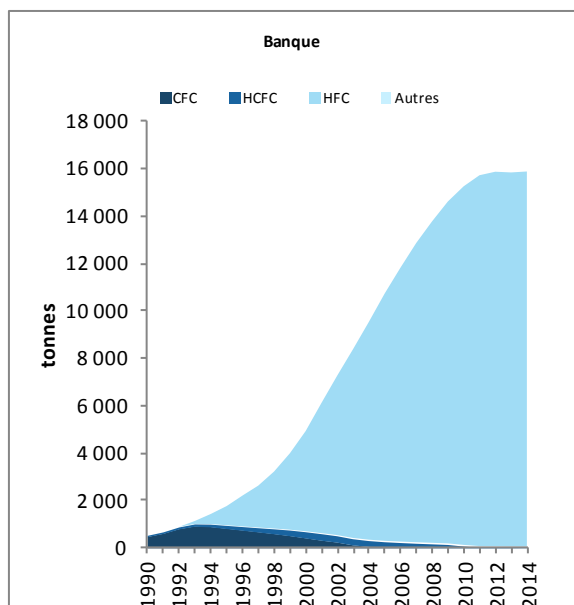


Figure XI-7 - Evolution de la banque de fluides frigorigènes de la climatisation embarquée

Tableau XI-8 - Banque 2014 (tonnes) – Climatisation embarquée

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	10	10
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	15 471	15 907
	R-404A	0	
	R-407C	136	
	R-410A	0	
	R-507	0	
	R-417A	3	
	R-422A	0	
	R-422D	0	
	R-427A	0	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
	R-1234yf	297	
Autres	R-290	0	0
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			15 917

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-8) 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. Depuis 2013, la demande en R-134a fait apparaître un écart significatif avec les marchés déclarés, notamment en 2014. Il serait nécessaire de connaître le marché maintenance de R-134a dédié à la climatisation automobile pour pouvoir conclure sur le fait que le modèle développé en 2009 et les niveaux de dégradation de l'étanchéité associés sont toujours valables.

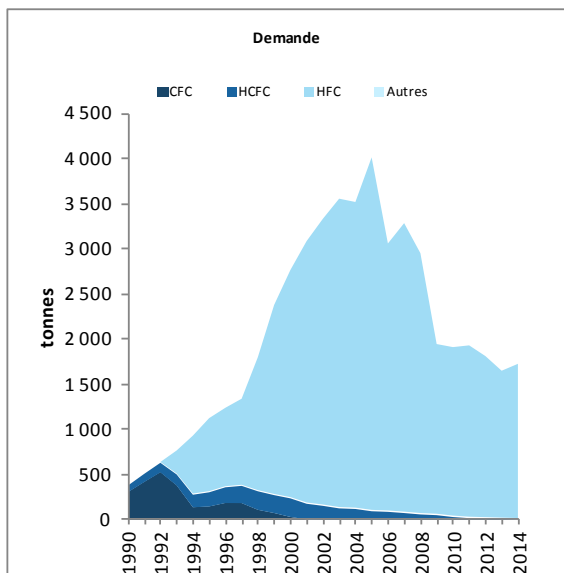


Figure XI-8 – Evolution de la demande totale de fluides frigorigènes en climatisation embarquée

Tableau XI-9 - Demande totale 2014 (tonnes) – Climatisation embarquée

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	4	4
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	1 490	1 717
	R-404A	0	
	R-407C	16	
	R-410A	0	
	R-507	0	
	R-417A	1	
	R-422A	0	
	R-422D	0	
	R-427A	0	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
R-1234yf	209		
Autres	R-290	0	0
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			1 721

XI.4.3 – Les émissions totales

Les émissions sont en légère décroissance depuis 2008, le parc étant renouvelé et de moins en moins émissif, mais stables en 2014 à 2 060 t. Les émissions en fin de vie des équipements ne constituent que 22 % des émissions totales, une partie des équipements y parvenant vide ou faiblement chargée.

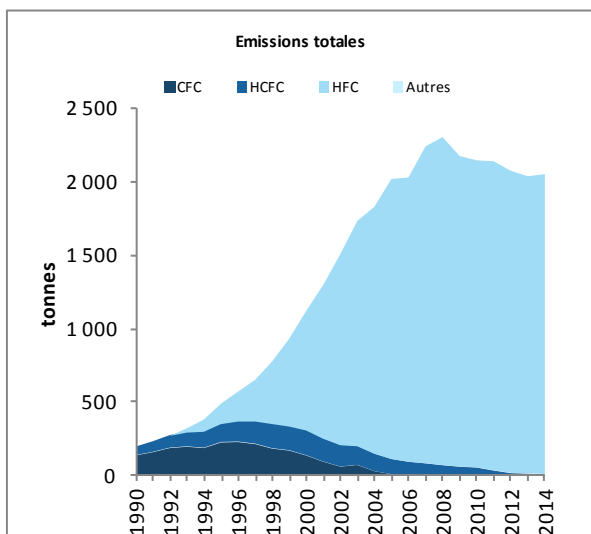


Figure XI-9 - Evolution des émissions totales de fluides frigorigènes en Climatisation embarquée

Tableau XI-10 - Emissions totales 2014 (tonnes) – Climatisation embarquée

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	10	10
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	1 999	2 051
	R-404A	0	
	R-407C	19	
	R-410A	0	
	R-507	0	
	R-417A	3	
	R-422A	0	
	R-422D	0	
	R-427A	0	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
R-1234yf	30		
Autres	R-290	0	0
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			2 062

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 2014, 16,4 % des émissions de fluides frigorigènes de la France métropole en équivalent CO₂.

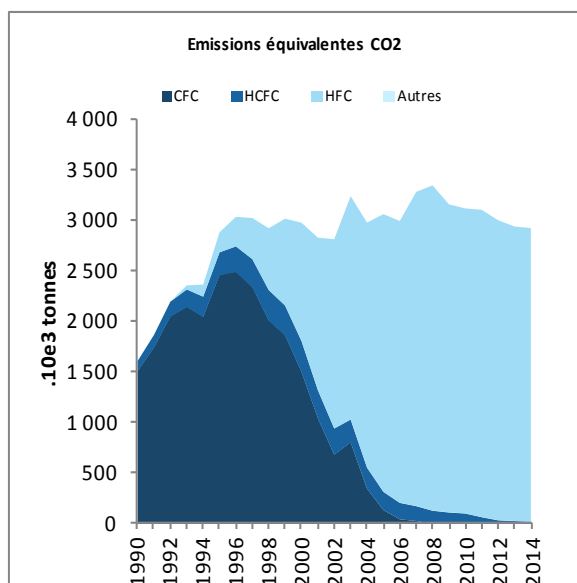


Figure XI-10 - Evolution des émissions totales en équivalent CO₂ en Climatisation embarquée

Tableau XI-11 - Emissions totales en milliers de tonnes équivalentes CO₂ 2014 – Climatisation embarquée

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	19	19
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	2859	2 900
	R-404A	0	
	R-407C	35	
	R-410A	0	
	R-507	0	
	R-417A	6	
	R-422A	0	
	R-422D	0	
	R-427A	0	
	R-407A	0	
	R-407F	0	
Autres	R-1234yf	0	0
	R-290	0	
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			2 919

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 2014 et sont équivalentes à 3 000 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 réellement connus et son efficacité pouvant être sous-estimée dans les hypothèses de calcul actuelles. Le secteur des trains qui a une bonne efficacité de récupération en fin de vie des systèmes, impacte l'allure de la courbe Figure XI-11 avec notamment en 2011 la fin de la conversion du parc d'installations au R-22.

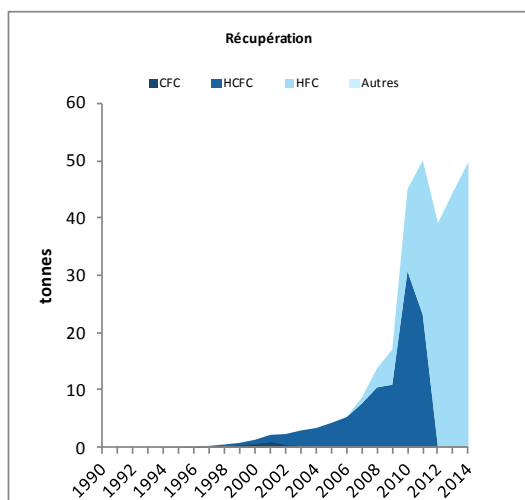


Figure XI-11 - Evolution des quantités récupérées en Climatisation embarquée

Tableau XI-12 - Quantités récupérées (tonnes) 2014 – Climatisation embarquée

CFC	R-12	0	0
HCFC	R-22	0	0
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	39	50
	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	
Autres	R-1234yf	0	0
	R-290	0	
	R-600a	0	
	R-717	0	
	R-744	0	
TOTAL			50

REFERENCES

- [BAR 11] Barrault, S., Clodic, D., CEP MINES-ParisTech. Rapport final - Inventaires DOM COM pour l'année 2010. Novembre 2011.
- [BAR12] 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.
- [OFF15] Rapport annuel de l'Observatoire des Fluides frigorigènes et Gaz Fluorés. Données 2014. Octobre 2015. Réalisé par BIO by Deloitte pour le compte de l'ADEME.
- [ROY15] Fluides frigorigènes : Statistiques consommation / Récupération / Destruction. Communication de Philippe Roy, SNEFCCA pour le CES, Octobre 2015.
- [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
- [FAN15] Communication chiffres provisoires 2014 de la filière DEEE, Erwan Fangeat ADEME, Octobre 2014.
- [GIF14] Site internet du GIFAM (www.gifam.fr).

Références froid commercial

- [CLO12] Clodic, Denis. Commercial Refrigeration - refrigerant choices. CCAC - 8th December 2013.
- [GRO15] Communications d'Alexandra Grotto et Jean-Michel Deroo pour le groupe Auchan, 2014-2015.
- [INS13] INSEE, Base Permanente des Equipements.
http://www.insee.fr/fr/themes/detail.asp?reg_id=99&ref_id=fd-bpe11
- [LSA13] La France des Drives. LSA, 1er Juillet 2013.
<http://www.lsa-conso.fr/la-france-des-drives,144353>
- [LSA14] L'Atlas de la distribution Alimentaire, LSA, Edition 2015.
- [MAR15] Communications d'Eric Martin, JCI, pour le CES, 2015.
- [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
- [PHI14] Entretiens avec Bernard Philippe, Réfrigération Industrielle, JCI (Jonhson Controls Industries), 2014.

Références Transports Frigorifiques

- [CAR15] www.carcoserco.org
[LOG15] http://issuu.com/logistique-froid-routier/docs/froid_news_numero_2
[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>
[WOR15] Mise à jour Worldshipping 2012- projections 2014, 2015.
[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.
[CAO15] http://www.lecaoutchouc.com/spip.php?page=rubrique-public&id_rubrique=112
[COC10] <http://cococolatpe.e-monsite.com/rubrique,coca-cola-en-chiffres,171566.html>
[FAO15] 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.
[MAR15] Communications d'Eric Martin, JCI, pour le CES, 2015.
[PHI14] Communications de Bernard Philippe, Réfrigération Industrielle, Jonhson Controls Industries, 2010-2014.
[ROB15] Communication d'Olivier Robert, Enertherm pour le CES, 2015.
[SAY07] Carine Sayon, CEP, 2007.
[SYN14] Syndicat national des patinoires
<http://www.syndicatdespatinoires.com/>
[TOC10] 2010 Report of the Refrigeration, Air Conditioning and Heat Pumps Technical Option Committee. 2010 Assessment.

Références GRE

- [AFC98] P.Fauvarque, AFCE, 1998.
[BSR10] WWAC European Overview 2010. BSRIA Report May 2011.
[COL11] E.Colin, JCI. Retour au questionnaire Chillers du CEP, novembre 2011.
[DUP13] Communications de G.N.Dupré, Uniclimate, pour le CES, 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.
[ROB15] Communications d'Olivier Robert pour le groupe Climafort, 2008-2015.

Références Climatisation à Air

- [BSR08] World Market for Air Conditioning 2008, BSRIA Report 19947/2, 2008.
- [CAR08] Entretiens JM.Carré, Lennox Europe, 2008-2009.
- [CLI15] La Climatisation, les pompes à chaleur. Les chiffres du marché français de janvier à août 2014. PAC & Clim'Info. Septembre 2014.
- [DEL15] <http://www.delonghi.com/en-au/products/comfort/air-conditioning/portable-air-conditioners/pinguino-water-to-air-pac-we112eco-0151483009?TabSegment=key-features#key-features>
- [UNI15] Bilan 2014 et perspectives 2015 du génie climatique. Dossier de presse. Uniclimate. 10 février 2015.

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

- [CCF15] 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.
- [OIC15] 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.
- [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.
- [VAL15] Fichier 2015-2016 « Fluide Réfrigérant et Huile » www.valeoservice.com

XII. ANNEXES

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

Type	Nom	Formule	PRG		
			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	4
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 PRG 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.

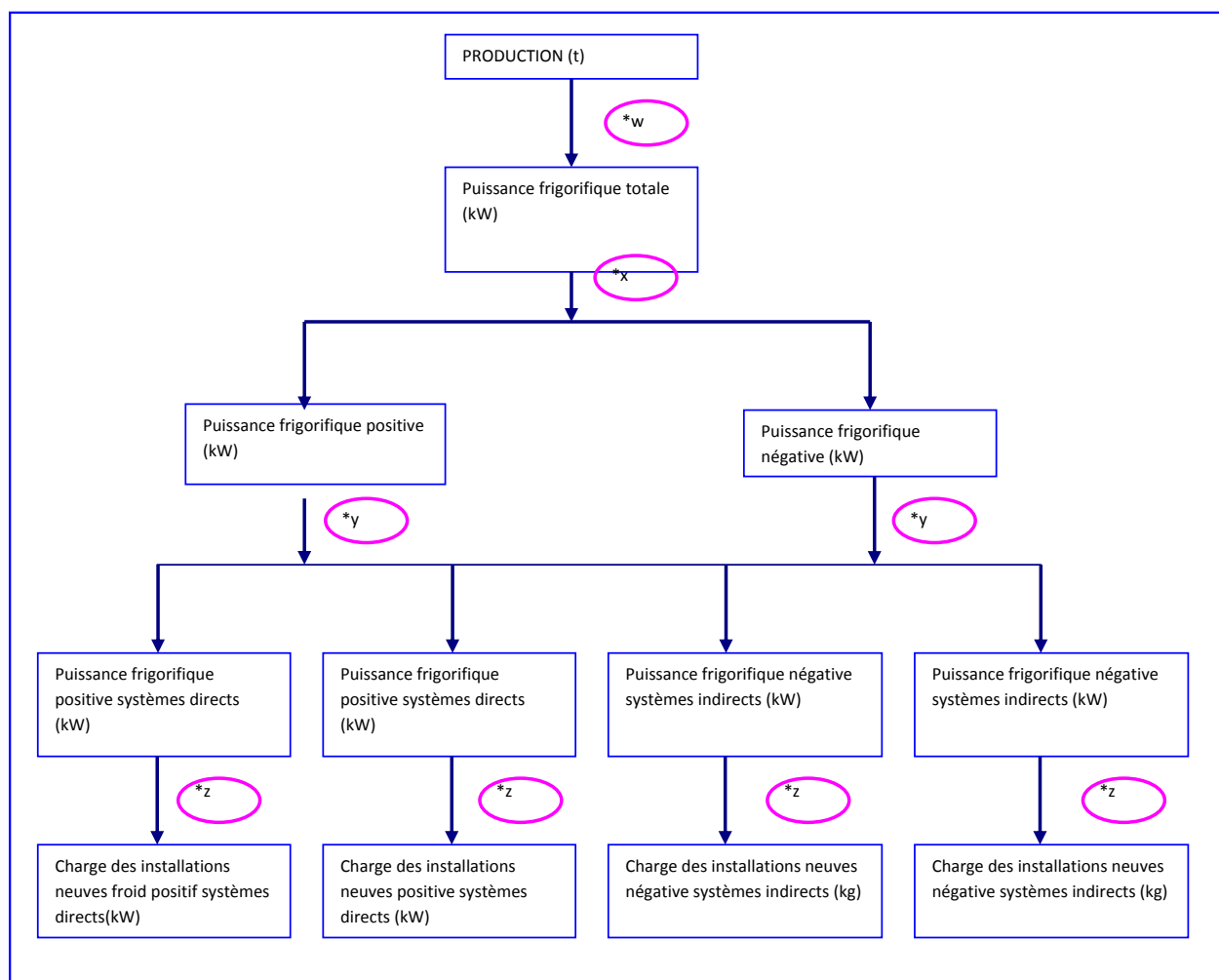


Figure A – Obtention de la banque de fluides associée à l'industrie agroalimentaire

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

Ingénieur de recherche, MINES-ParisTech, PSL - Research University, CES - Centre d'Efficacité énergétique des Systèmes, Z.I. Les Glaises - 5, rue Léon Blum, 91120 Palaiseau;

01 69 19 42 41

stephanie.barrault@mines-paristech.fr

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