

SYNTHESE

Contexte

L'ADEME finance les inventaires de fluides frigorigènes quelle que soit leur formule chimique : CFC, HCFC, HFC, hydrocarbures, ammoniac, CO₂, compte tenu de l'impact environnemental des fluides halogénés mais aussi de l'impact du choix des fluides frigorigènes sur l'efficacité énergétique des systèmes de réfrigération et de climatisation. De plus, la substitution des fluides chlorés s'est faite progressivement à partir de 1994 et encore maintenant en raison du décalage temporel entre la charge initiale et la durée de vie des équipements frigorifiques.

La mise à jour annuelle permet aussi de fournir des chiffres de grande qualité pour les inventaires des HFC, qui font partie des substances ayant un pouvoir de réchauffement global et qui doivent être déclarées annuellement par tous les états ayant signé la convention sur le climat. Le CEP MINES ParisTech fournit ces chiffres annuellement au CITEPA qui les intègre dans les déclarations annuelles de l'état français.

Méthodologie

La méthodologie utilisée pour établir les inventaires des émissions de fluides frigorigènes, en particulier des fluides HFC, est conduite en utilisant les recommandations du IPCC Guideline 2006. La méthode de contrôle qualité compare les chiffres des inventaires qui reconstituent la demande de fluides frigorigènes et les chiffres du marché des fluides tels que déclarés par le SNEFCCA. Le tableau S1 présente les marchés par type de fluide CFC, HCFC, HFC et autres et sont comparés aux données du SNEFCCA. Comme on peut le vérifier sur la figure S1, les écarts sont limités de manière accumulée. RIEP (base de données logicielle de calcul des émissions développée par le CEP) sous-estime le marché d'environ 6 % sur les sept dernières années. On peut considérer que cet écart est cohérent avec les incertitudes qu'il peut y avoir tant sur les stocks de fluides que sur les émissions.

Marché

On peut remarquer que le marché dominant devient celui des HFC qui représente presque 75 % du marché des fluides, le R-22 représentant encore 21 % en 2007.

Tableau S1 – Répartition des fluides sur la demande totale calculée en 2007

Demande totale 2007 (tonnes)			
CFC	R-11	8	17
	R-12	9	
	R-502	0	
HCFC	R-22	2 360	2 472
	R-408A	85	
	R-401A	28	
HFC	R-134a	4 255	8 541
	R-404A	2 290	
	R-407C	1 108	
	R-410A	732	
	R-507	146	
	R-417A	2	
	R-422A	3	
	R-422D	2	
	R-427A	4	
	R-600a	0	
Autres	R-717	551	551
	TOTAL		

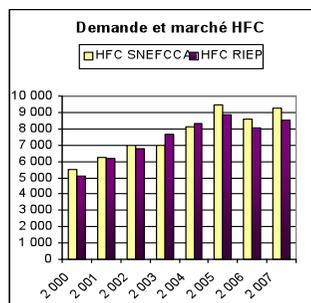


Figure S1 - Marchés déclarés et demandes calculées de HFC

La demande totale se décompose en la demande pour les équipements neufs (tableau S2), estimée à environ 5 000 tonnes en 2007 et celle pour la maintenance des installations existantes (tableau S3), évaluée à 6 500 tonnes en 2007.

Tableau S2 – Répartition des fluides sur la demande équipements neufs calculée en 2007

Demande Equipements neufs 2007 (tonnes)			
CFC	R-11	0	0
	R-12	0	
	R-502	0	
HCFC	R-22	1	1
	R-408A	0	
	R-401A	0	
HFC	R-134a	2 261	4 838
	R-404A	957	
	R-407C	905	
	R-410A	694	
	R-507	12	
	R-417A	1	
	R-422A	2	
	R-422D	1	
Autres	R-600a	0	217
	R-717	217	
	TOTAL		

Tableau S3 – Répartition des fluides sur la demande maintenance calculée en 2007

Demande maintenance 2007 (tonnes)			
CFC	R-11	8	17
	R-12	9	
	R-502	0	
HCFC	R-22	2 359	2 472
	R-408A	85	
	R-401A	28	
HFC	R-134a	1 962	3 670
	R-404A	1 332	
	R-407C	202	
	R-410A	38	
	R-507	134	
	R-417A	1	
	R-422A	1	
	R-422D	0	
Autres	R-600a	0	334
	R-717	334	
	TOTAL		

Banque

Tableau S4 : Répartition des fluides sur la banque calculée de fluides frigorigènes en 2007

Banque 2007 (tonnes)			
CFC	R-11	42	764
	R-12	722	
	R-502	1	
HCFC	R-22	14 826	15 235
	R-408A	284	
	R-401A	125	
HFC	R-134a	19 725	33 500
	R-404A	6 244	
	R-407C	4 295	
	R-410A	2 730	
	R-507	473	
	R-417A	28	
	R-422A	2	
	R-422D	1	
Autres	R-600a	1 029	5 017
	R-717	3 988	
	TOTAL		

La banque de fluides frigorigènes est désormais nettement dominée par les HFC, en particulier par le R-134a qui représente à lui seul 36 % de la banque totale 2007, contre 27 % pour le R-22.

Note : banque signifie ici la banque totale de fluides frigorigènes contenus dans l'ensemble des installations frigorifiques et de climatisation.

Emissions

Tableau S5 : Emissions des fluides frigorigènes

Emissions totales 2007 (tonnes)			
CFC	R-11	10	234
	R-12	224	
	R-502	0	
HCFC	R-22	2 652	2 766
	R-408A	83	
	R-401A	32	
HFC	R-134a	2 801	4 719
	R-404A	1 282	
	R-407C	323	
	R-410A	184	
	R-507	126	
	R-417A	1	
	R-422A	1	
	R-422D	0	
	R-427A	0	
Autres	R-600a	6	329
	R-717	323	
TOTAL			8 048

Les émissions sont dominées par les HFC, plus particulièrement par le R-134a, qui représente environ 35 % des émissions totales de fluides frigorigènes.

Le niveau des émissions totales, rapporté à la banque, fait apparaître un taux d'émissions moyen d'environ 15 % par an.

La figure S2 montre la répartition sectorielle. Si on prend le total des émissions, quel que soit le fluide, on voit que ces émissions se répartissent de manière assez homogène entre quatre grands secteurs, la climatisation automobile, le froid commercial, le froid industriel et la climatisation fixe incluant les groupes refroidisseurs d'eau. La climatisation automobile représente 44 % des émissions de HFC, compte tenu du nombre de véhicules climatisés et du niveau d'émissions.

Emissions totales 2007 : 8 048 tonnes

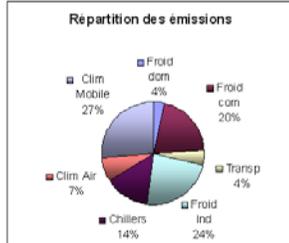
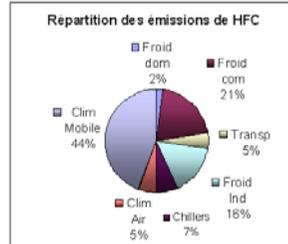


Figure S2 : Répartition sectorielle des émissions de fluides frigorigènes

Emissions totales de HFC 2007 : 4 719 tonnes



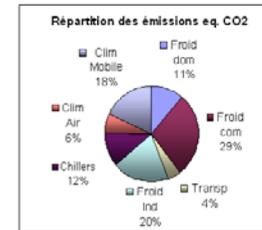
Emissions en équivalent CO₂

Tableau S6 : Emissions de fluides en équivalent CO₂ (2nd Assessment Report IPCC)

Emissions eq. CO ₂ totales 2007 (millions de tonnes)			
CFC	R-11	0,04	1,851
	R-12	1,81	
	R-502	0,00	
HCFC	R-22	3,98	4,228
	R-408A	0,22	
	R-401A	0,03	
HFC	R-134a	3,64	9,056
	R-404A	4,18	
	R-407C	0,49	
	R-410A	0,32	
	R-507	0,42	
	R-417A	0,00	
	R-422A	0,00	
	R-422D	0,00	
	R-427A	0,00	
Autres	R-600a	0,00	0 000
	R-717	0,00	
TOTAL			15,136

Par contre, lorsqu'on regarde les valeurs des émissions en équivalent de CO₂ (cf. tableau S6), compte tenu du GWP du R-404A, plus de deux fois supérieur à celui du R-134a, le premier émetteur en terme d'équivalent CO₂ devient, en 2007, le R-404A.

Emissions totales en équivalent CO₂ : 15 millions de tonnes en 2007



Emissions totales de HFC en équivalent CO₂ : 9 millions de tonnes en 2007

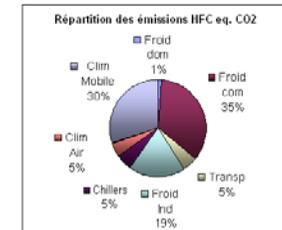


Figure S3 : Répartition sectorielle des émissions en équivalent CO₂

Récupération

Pour ce qui concerne la récupération des fluides frigorigènes, les calculs de RIEP indiquent une domination de la récupération du R-22 sur les autres fluides, ce qui correspond logiquement à la substitution progressive du R-22 par des HFC, selon les calculs de RIEP, le R-22 constitue 72 % des fluides récupérés.

Comme chaque année, les quantités de fluides récupérées, telles que calculées par RIEP sont deux fois plus élevées que celles déclarées par le SNEFCCA sur les quantités récupérées. En 2007, le niveau à 1 161 t n'est pas très différent du niveau calculé en 2006 à 1 091 t. La tendance à ce léger accroissement des quantités récupérées est notée aussi dans les chiffres de la SNEFCCA, qui passent de 560 à 585 t récupérées par les distributeurs. On peut considérer que les calculs de RIEP ne sont pas trop optimistes puisqu'il est connu qu'une partie des quantités de fluides frigorigènes récupérés, en particulier le R-22, est directement réutilisée par les propriétaires des installations desquelles ce fluide est récupéré. Cette part est évaluée à environ 50 % par les producteurs, ce qui concorde avec les estimations de RIEP.

Améliorations de la méthode

Du point de vue méthodologique, et associé aux travaux de thèse menés par Sabine Saba, plusieurs améliorations ont été apportées au logiciel RIEP.

- L'introduction de courbes de mise au rebut, dites aussi « courbe de survie », qui remplacent l'approche en durée de vie moyenne ; cette amélioration permet en particulier de mettre en évidence des émissions de HFC pour des équipements mis au rebut précocement, et une traîne des émissions de CFC liée aux appareils dont la durée de vie est bien plus longue que la durée de vie moyenne. L'historique de chaque secteur a été modifié par cette approche de courbe de mise au rebut. Au fur et à mesure des données collectées, ces courbes pourront être améliorées.

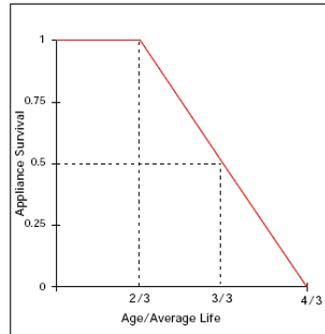


Figure S4 : Définition de la courbe de durée de vie selon [KO98]

- La prise en compte des rétrofits (reconversion d'une installation frigorifique ou de climatisation par changement du fluide frigorigène) suppose de différencier durée de vie de l'installation et type de fluide chargé dans l'installation. L'approche des courbes de survie et celle des stratégies de rétrofit sont complémentaires pour différencier les installations qui peuvent faire l'objet d'un rétrofit parce que leur durée de vie est inférieure à la durée de vie moyenne et celles qui seront remplacées précocement parce que leur durée de vie est significativement supérieure à la durée de vie moyenne.
- Un modèle plus sophistiqué des émissions du secteur de la climatisation automobile a été mis en place pour prendre en compte l'écart très significatif des émissions initiales, telles que mesurées par la méthodologie mise en place par le règlement européen 706/2007, et le niveau des ventes de R-134a à la maintenance qui indique des taux d'émission bien supérieurs. Des courbes de dégradation d'étanchéité au cours du temps ont été mises au point et permettent de rendre compte de ce phénomène.

Comme chaque année, des enquêtes ont été menées secteur par secteur et le secteur des pompes à chaleur (PAC) résidentielles est traité en tant que tel. En 2007, la banque de fluides chargée dans les PAC résidentielles est estimée à 680 t avec des émissions estimées à 20 t.

Projections à l'horizon 2022

Les calculs de projections à 15 ans sont réalisés selon trois scénarios :

- Le scénario 1 ou des « Pratiques Habituelles » (PH) est un scénario de référence dans lequel les hypothèses représentent la situation telle qu'elle était il y a une dizaine d'années, avant que des mesures ne soient prises pour réduire les émissions de fluides frigorigènes et favoriser sa récupération.
- Le scénario 2 ou scénario des « Mesures Actuelles » (MA) est un scénario plus réaliste qui prend en considération toutes les mesures et réglementations connues actuellement.
- Le scénario 3 ou scénario des « Incitations Supplémentaires » (IS), propose des mesures complémentaires afin de privilégier l'utilisation de fluides frigorigènes à plus faible GWP et généraliser l'utilisation des systèmes indirects, réduire les charges et améliorer encore la récupération des anciens fluides.

En termes d'émissions exprimées en équivalent CO₂, l'enjeu extrêmement important du confinement mais aussi du recours aux fluides à faible GWP apparaît bien sur la figure S5. Dans le scénario 1, les émissions en équivalent CO₂ s'élèveraient à plus de 25 millions de tonnes équivalent CO₂ en 2022 ; elles sont quasiment réduites de moitié dans le scénario 2 et, dans le scénario 3 les émissions sont en forte décroissance, limitées à 7,4 millions de tonnes équivalent CO₂ en 2022.

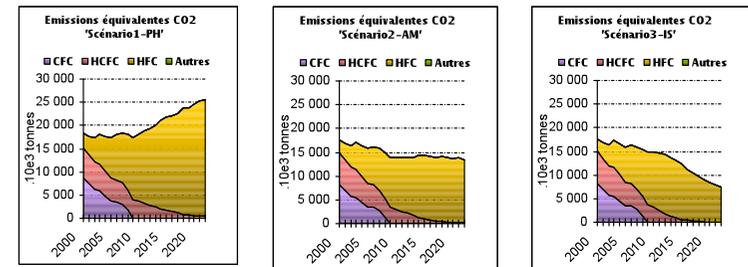


Figure S5 - Projections des émissions des fluides frigorigènes en équivalent CO₂

Selon les scénarios d'émissions, la demande de HCFC, principalement de R-22, varie entre 266 et 651 t (cf. tableau S7). Ceci fait voir l'importance que prennent les rétrofits dans les années qui viennent et que ce rythme doit être soutenu. De plus, comme le nouveau règlement européen 1005/2009 interdit le transfert de HCFC récupéré d'un secteur à l'autre, puisque le R-22 recyclé ne peut être rechargé que dans les installations d'un même propriétaire, les scénarios indiquent toujours une difficulté sur la transition du R-22 pour le froid agroalimentaire. La solution palliative est une adaptation plus rapide de l'équipement ou un confinement extrêmement efficace.

Tableau S7 – Demande de fluides frigorigènes pour l'année 2015 pour chaque scénario

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

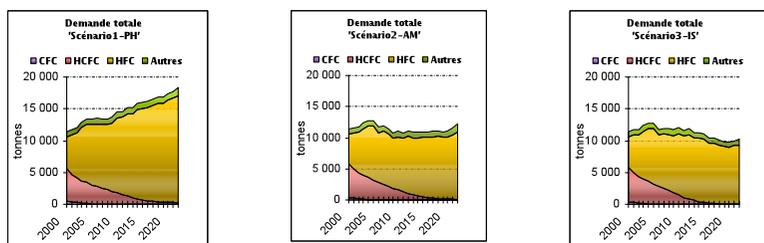


Figure S6 - Projections de la demande totale des fluides frigorigènes

La figure S6 indique que la demande totale annuelle passerait de 11 600 t en 2007 à 18 300 t en 2022 si aucune mesure n'est prise, mis à part l'arrêt d'utilisation du R-22 (règlements 2037/2000 et 1005/2009). En revanche, ce marché peut être réduit à un peu plus de 10 000 t si les mesures adéquates de confinement sont prises ainsi qu'un recours plus systématique aux systèmes indirects dans les secteurs du froid industriel et du froid commercial.

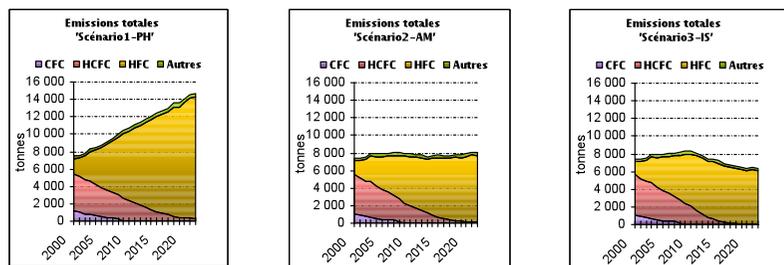


Figure S7 - Projections des émissions de fluides frigorigènes

Selon les trois scénarios à l'horizon 2022, la figure S7 montre une très grande différence d'émissions des fluides frigorigènes qui est liée aussi à l'efficacité des mesures de confinement et à la réduction des charges.