



Usages actuels des HCFC et des HFC

Contexte :

Les produits chimiques fluorocarbonés possèdent des propriétés qui les rendent bien adaptés à toute une variété de d'applications. Cependant, ils ont aussi des propriétés qui les rendent nuisibles à l'environnement, en particulier celles qui sont en rapport avec la destruction de la couche d'ozone et le changement climatique. A cause de ces inconvénients ont été décidées l'élimination progressive des substances qui appauvrissent la couche d'ozone (SAO¹) et plus récemment la réduction progressive des hydrofluorocarbures (HFC) qui ont un PRG élevé. Il y a cinq marchés principaux qui sont concernés par l'utilisation de diverses molécules et de mélanges de fluorocarbures :

1. Les fluides frigorigènes dans le secteur de la réfrigération, de la climatisation et des pompes à chaleur)
2. Les gaz propulseurs dans les aérosols,
3. Les agents gonflants pour la fabrication des mousses isolantes
4. Les fluides de protection anti-incendie
5. Les solvants.

La taille relative de ces marchés principaux a changé de manière significative au cours des 25 dernières années. Avant que le problème de la couche d'ozone ne soit reconnu, l'emploi le plus répandu des CFC était dans les aérosols. Le marché des solvants était aussi assez important à l'époque. Pendant la période de l'élimination progressive des CFC, la structure du marché a évolué, et une grande partie du marché des aérosols et des solvants s'est tourné vers des alternatives utilisant des technologies nouvelles. La part du secteur du froid a augmenté en proportion et la plupart des applications des CFC et des HCFC se sont converties à des fluides de substitution HFC. Avant de mettre au point une stratégie de réduction de l'utilisation des HFC, il est important de comprendre le fonctionnement de ces secteurs et sous-secteurs de marché si importants qui utilisent à la fois les HCFC et les HFC.

L'évolution vers des fluides à PAO zéro et à faible PRG :

A partir du moment où la communauté internationale a compris et commencé à réagir aux problèmes de l'ozone et du climat, les utilisateurs de fluorocarbures ont évolué, progressant par étapes, à travers quatre générations successives de produits.

- **1ère Génération : 1940 à 1990 ; domination des CFC.** Les CFC ont été développés par des chimistes dans les années 1930 et rapidement on a reconnu qu'ils étaient bien adaptés à des usages variés, en particulier dans la réfrigération et la climatisation. Non-toxiques et ininflammables ils sont devenus un choix privilégié, et durant les années 1960 ils dominaient le marché en tant que fluide frigorigène dans de nombreuses applications. Leur utilisation augmenta rapidement sur d'autres marchés comme les aérosols, les solvants et les agents gonflants pour les mousses.
- **2ème Génération : 1990 à 2010 ; l'usage des HCFC augmente.** Une des solutions au problème de l'ozone, qui furent adoptées pour certaines applications, fut le passage des CFC à certains HCFC. Les HCFC sont également nocifs pour la couche d'ozone mais sont des SAO beaucoup moins puissantes que les CFC. Les HCFC ne sont utilisés que comme solution transitoire, leur élimination progressive devant être achevée en 2030 dans les pays Article 5.
- **3ème Génération : 1995 à 2020 ; les HFC deviennent dominants.** Les HFC n'étaient pas utilisés avant 1990 car ils étaient plus coûteux à produire que les CFC et n'apportaient apparemment aucun avantage, avant que ne commence le contrôle des SAO dans le cadre du Protocole de Montréal. Pour de nombreuses applications des CFC, un passage aux HFC était la solution la plus économique, et divers HFC sont devenus d'usage courant dans les pays non-Article 5.
- **4ème Génération : à partir de 2010 ; les fluides à faibles PRG.** Les utilisateurs de HFC commencent à chercher des alternatives à faible PRG. Divers fluides frigorigènes de nouvelle génération comme les hydrocarbures, le CO₂ et l'ammoniac sont adoptés sur certains marchés, bien que certaines de leurs propriétés en fassent des produits qui ne sont pas idéaux pour toutes les applications (par exemple, la haute inflammabilité des hydrocarbures). Les producteurs de fluorocarbures introduisent divers produits de substitution comme les molécules d'hydro-fluoro-oléfinés (HFO).

	PAO	PRG
1 ^{ère} génération	Très élevé	Très élevé
2 ^{ème} génération	Elevé	Elevé
3 ^{ème} génération	Zéro	Elevé
4 ^{ème} génération	Zéro	Faible / Très faible

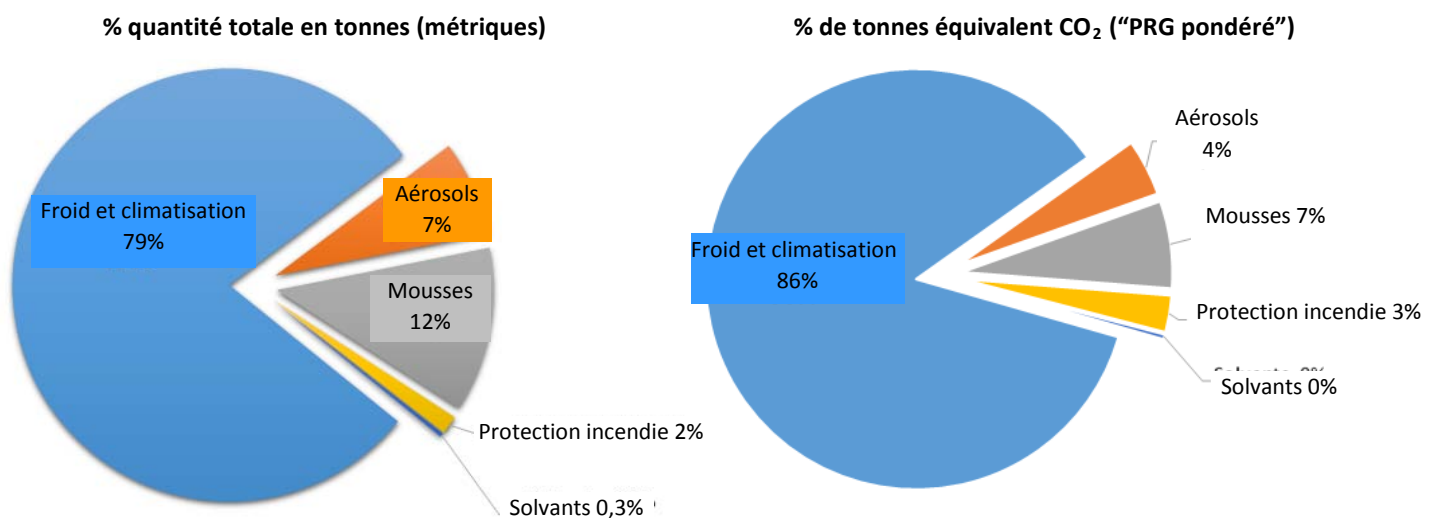
¹ Voir la Fiche info Kigali n°14 pour un glossaire de tous les sigles et acronymes utilisés

Répartition des usages sur les marchés principaux :

La figure 1 montre la répartition approximative des HCFC et des HFC vendus en 2012 au niveau mondial, sur les différents marchés principaux. On a utilisé les données pour 2012 car elles représentent une année où l'influence des fluides de 4^{ème} génération est négligeable.

La prédominance du secteur du froid et de la climatisation est évidente. Le diagramme de gauche montre la répartition de la consommation des HCFC combinés aux HFC en tonnes (métriques). Le diagramme de droite représente cette même consommation « pondérée », exprimée en tonnes d'équivalent CO₂². Le marché du froid et de la climatisation est encore plus dominant dans le diagramme de droite parce qu'il est particulièrement gourmand en HFC à PRG élevé, comme le R-404A et le R-410A, alors que les secteurs des aérosols et des mousses utilisent des HFC à PRG plus faible.

Figure 1 : Marchés utilisant des HCFC et des HFC, 2012



L'importance des sous-secteurs de marché :

Pour comprendre comment (et pourquoi) certaines molécules ou certains mélanges de fluorocarbures sont choisis pour telle ou telle application, il est important de se rendre compte que le marché principal illustré dans la figure 1 est composé d'une large variété de sous-secteurs de marché qui influencent le choix des fluides utilisés. Par exemple, dans le marché du froid et de la climatisation, les types d'équipement utilisés ont pour base un procédé technique très similaire – le cycle de réfrigération à compression de vapeur. Cependant la température à laquelle cette opération se produit peut varier considérablement d'un sous-secteur à l'autre. La température d'évaporation du fluide peut varier comme suit :

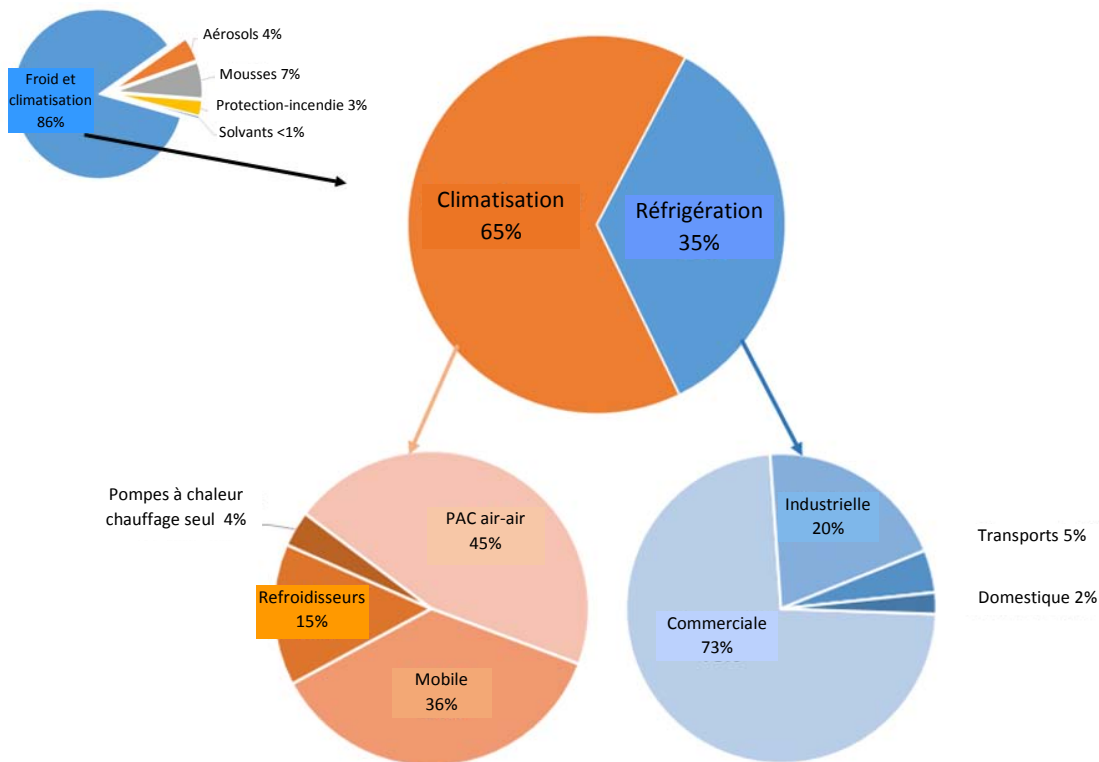
- -40°C pour congeler des crèmes glacées
- 0°C pour la conservation des aliments réfrigérés
- +10°C pour la climatisation
- +30°C pour une pompe à chaleur

Les propriétés thermodynamiques optimales requises pour chacune de ces applications sont très différentes, ce qui entraîne le choix de fluides frigorigènes différents pour fonctionner à ces températures différentes. La taille de l'équipement et son lieu d'implantation peuvent aussi avoir une influence sur le choix du fluide. Un système de réfrigération industrielle de grande taille peut utiliser un réfrigérant comme l'ammoniac (qui est toxique et légèrement inflammable) alors qu'un petit appareil de climatisation utilisé dans un lieu d'habitation nécessite par principe un fluide qui n'est ni toxique ni inflammable.

Les illustrations ci-dessous présentent une répartition de l'utilisation combinée des HCFC et des HFC dans les différents sous-secteurs des marchés principaux. Les chiffres sont des données relevées au niveau mondial – la répartition peut varier effectivement d'un pays à l'autre. Par exemple, la taille du marché de la climatisation est bien plus importante dans les pays très chauds que montré dans la Figure 2. Une bonne compréhension de la répartition des usages spécifiques à un pays est une des clés de la mise en place d'une bonne stratégie de réduction progressive des HFC dans ce pays (voir la [Fiche info Kigali n°6](#) pour de plus amples détails).

² Voir la Fiche info [Kigali n°3](#) pour une explication de l'équivalent CO₂

Figure 2 : Marchés du froid et de la climatisation, utilisation des HCFC et des HFC, 2012, PRG pondéré



La figure 2 montre comment le marché du froid et de la climatisation peut être divisé en deux avec d'un côté le conditionnement de l'air et de l'autre la réfrigération, et divisé de nouveau en sous-secteurs (tels celui du froid commercial). Pour comprendre les facteurs qui déterminent le choix d'un fluide frigorigène particulier il est souvent nécessaire de diviser encore les sous-secteurs du marché du froid et de la climatisation, en prenant en compte la taille des équipements. C'est ce que nous montrons les figures 3 et 4, et qui nous est expliqué dans l'encadré n°1 pour la réfrigération commerciale et dans l'encadré n° 2 pour la climatisation des bâtiments.

1 : Réfrigération commerciale

La réfrigération commerciale est utilisée essentiellement dans le commerce des denrées alimentaires et dans la restauration. Comme le montre la Figure 3, ce secteur peut être divisé en 3 sous-secteurs, en fonction de la taille et du type d'appareils. La quantité de fluide frigorigène nécessaire est illustrée dans le tableau ci-dessous. Les appareils autonomes sont scellés en usine, ont une charge de fluide très faible et ne présentent pratiquement aucun risque de fuite. Cela permet l'utilisation d'un large éventail de réfrigérants, y compris l'option de fluides inflammables. Les installations centrales présentent souvent la meilleure efficacité énergétique, mais les importantes charges de fluide frigorigène et les taux de fuite élevés restreignent le choix à des fluides ininflammables.

Sous-secteur	Charge de fluide habituelle, en kg
Autonomes	0,1 à 0,5
Unités de condensation	5 à 10
Centrales	50 à 200

Figure 3 : Sous-secteurs du marché du froid

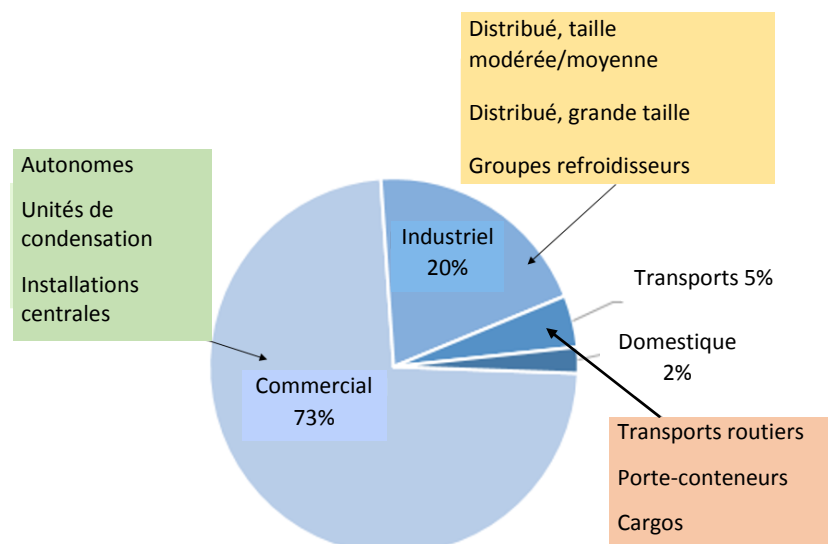
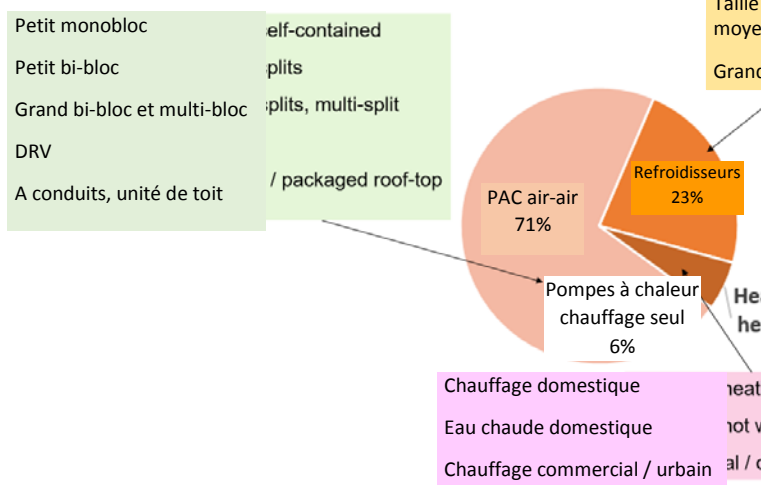


Figure 4 : Sous-secteurs du marché de la climatisation et des pompes à chaleur



2 : Climatisation des bâtiments

Il existe de nombreuses options techniques pour la climatisation des bâtiments, allant de petits appareils conçus pour la climatisation d'une seule pièce petite taille à de grands groupes de production d'eau froide qui peuvent climatiser des immeubles de plusieurs étages, voire des quartiers entiers.

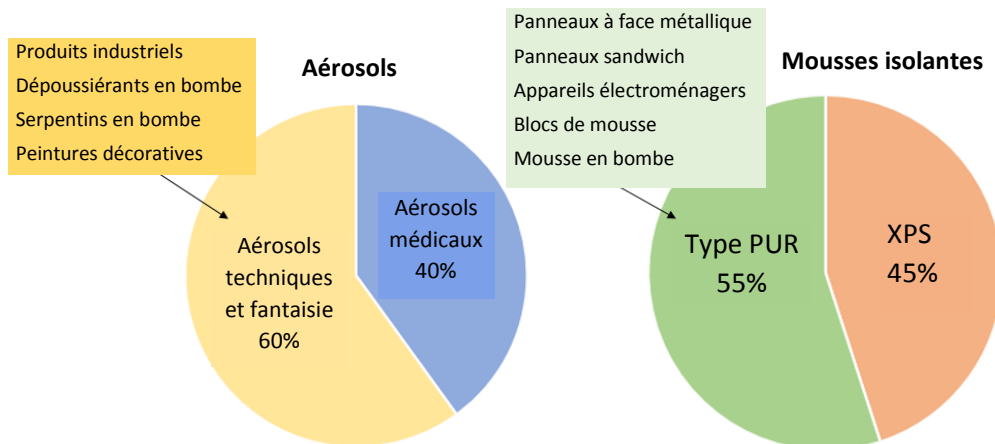
Pour les groupes refroidisseurs d'eau, la charge de fluide réfrigérant est très élevée, mais l'équipement est en général situé dans un local d'accès restreint, comme une salle des machines ou sur le toit. Il est donc possible d'envisager une variété de réfrigérants, y compris des fluides inflammables, malgré la grande taille de l'installation.

Pour les climatiseurs bi-blocs et DRV, le réfrigérant entre dans la pièce à rafraîchir, ce qui rend le choix d'un fluide inflammable plus difficile, surtout pour les systèmes DRV en raison de la charge importante de réfrigérant.

Sous-secteur	Charge normale de réfrigérant, en kg
Petits bi-blocs	0,5 à 3
DRV	20 à 60
Groupes refroidisseurs d'eau	50 à 500

* DRV = débit de réfrigérant variable. Les systèmes DRV sont des systèmes de climatisation multi-blocs complexes utilisés pour rafraîchir ou chauffer des bâtiments de taille moyenne.

Figure 5 : Sous-secteurs du marché des aérosols et des mousses



3 : Aérosols

Depuis l'élimination des CFC, la plupart des aérosols ont pour gaz propulseurs des hydrocarbures (HC) inflammables. Certains HFC sont utilisés comme gaz propulseur dans des situations où les HC, moins coûteux, ne peuvent pas être utilisés. Les inhalateurs-doseurs utilisent des HFC pour l'administration de médicaments contre les maladies pulmonaires comme l'asthme. Certains aérosols fantaisie ou techniques (comme les lubrifiants pulvérisables et les dépoussiérants à air comprimé) nécessitent un gaz ininflammable qui est souvent un HFC.

4 : Mousses isolantes

De nombreux pays Article 5 utilisent encore des HCFC pour la fabrication de mousses isolantes. Pour de grosses unités de production qui fabriquent des mousses de type PUR il est souvent rentable de se convertir aux HC. Là où les agents gonflants inflammables ne peuvent pas être utilisés on a introduit divers types de HFC, comme le HFC-245fa.

Par exemple, une grande partie du marché de la mousse PUR est celui de la mousse projetée qui est appliquée in-situ dans les bâtiments – il faut un agent gonflant ininflammable pour la mousse projetée.