

## Problèmes techniques : Températures ambiantes élevées

### Contexte :

L'utilisation principale des HCFC et des HFC se trouve dans les secteurs de la réfrigération, de la climatisation et des pompes à chaleur. Ces secteurs représentent environ 86% de la masse pondérée en fonction du PRG de HCFC et de HFC utilisés (voir la Fiche info Kigali n°2). L'Amendement de Kigali reconnaît que la conception de systèmes de production de froid devant être exploités dans des conditions de température extrêmement élevée présente un certain nombre de difficultés. Pour les systèmes de climatisation, ces difficultés peuvent être de différents ordres :

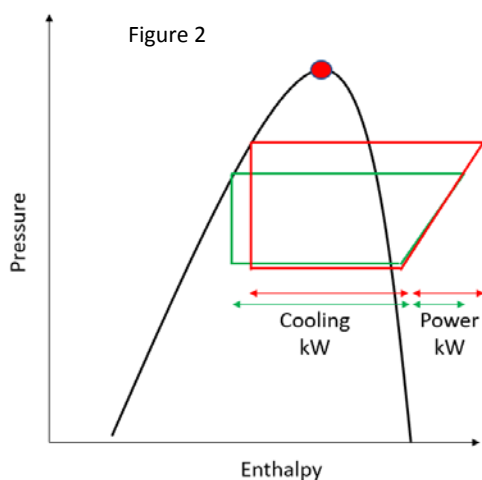
- La charge thermique est plus élevée que sous les climats plus tempérés ;
- La chaleur est dissipée par le système de climatisation à une température de condensation plus élevée que sous des climats plus tempérés.

Ces facteurs impliquent que les systèmes de climatisation fonctionnant dans un environnement à température ambiante élevée doivent avoir une capacité de refroidissement supérieure pour une pièce donnée et qu'ils consommeront plus d'énergie que des systèmes de climatisation fonctionnant sous des climats plus tempérés.

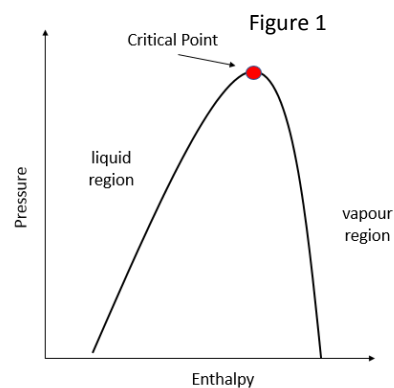
Dans cette Fiche info sont présentés certains des problèmes techniques rencontrés dans l'exploitation de systèmes de conditionnement de l'air sous des températures ambiantes élevées. Cette Fiche info apporte également des informations sur les dérogations liées aux températures ambiantes élevées incluses dans l'Amendement de Kigali.

### Ces difficultés peuvent être rencontrées avec tous les fluides frigorigènes :

Il est important de reconnaître que les difficultés techniques liées au fonctionnement dans des conditions de température ambiante élevée ne sont pas provoquées par la réduction progressive des fluides frigorigènes HFC qui est programmée. De nombreux fluides réfrigérants, y compris certains HFC à PRG élevé, ne sont pas parfaitement adaptés au fonctionnement à température ambiante élevée. Les concepteurs d'équipements de réfrigération et de climatisation ont toujours dû prendre en compte la température ambiante et s'assurer que le fluide réfrigérant choisi pouvait fonctionner de façon efficace et fiable. Les équipements conçus spécifiquement pour l'utilisation dans des pays aux conditions de température ambiante élevée doivent avoir de caractéristiques légèrement différentes de ceux qui sont destinés à un usage sous des climats plus tempérés. Deux caractéristiques du réfrigérant choisi sont particulièrement importantes.



**La température critique.** Une propriété que possèdent tous les fluides frigorigènes est la « température critique ». C'est la température du point critique du fluide, comme illustré dans la figure 1, qui présente le diagramme pression-enthalpie<sup>1</sup> d'un fluide. Pour qu'un cycle frigorifique ait une bonne efficacité, il est important que la température de condensation ne soit pas trop proche de la température critique. La température de condensation est toujours plus élevée que la température ambiante, et la température de condensation sera donc plus élevée dans des conditions de température ambiante élevée que sous des climats plus tempérés ; elle sera donc plus proche de la température critique et l'efficacité énergétique sera plus faible.



La figure 2 montre deux cycles frigorifiques sur un diagramme. Le cycle tracé en vert représente un fonctionnement sous un climat tempéré et le cycle tracé en rouge montre un fonctionnement à des températures ambiantes élevées. Lorsqu'il fonctionne sous températures ambiantes élevées, le système de climatisation :

- produit moins de froid (la ligne rouge de kW refroidissement est plus courte)
- a besoin de plus de puissance électrique (la ligne rouge de kW puissance électrique est plus longue).

<sup>1</sup> Voir la Fiche info Kigali n°14 pour un glossaire des termes et sigles utilisés, incluant un diagramme pression-enthalpie

Ceci illustre pourquoi un système de climatisation fonctionnant sous températures élevées consommera plus d'électricité qu'un appareil fonctionnant dans des conditions plus fraîches.

La perte d'efficacité énergétique devient particulièrement sévère si la température critique du fluide frigorigène utilisée est basse. Le tableau ci-contre fait la liste des températures critiques d'un certain nombre de fluides frigorigènes utilisés dans les systèmes de climatisation.

Il est important de noter que le HCFC-22 possède une température critique raisonnablement haute. Le fluide d'emploi courant qui a remplacé le HCFC-22 est le R-410A, un HFC à PRG élevé. Il a une des températures critiques les plus basses et donc ses performances à température ambiante élevée sont beaucoup moins bonnes.

Pour les systèmes de type split de petite taille et les systèmes à conduits d'air, le HFC-32 a été introduit en tant qu'alternative à faible PRG du R-410A – il a un PRG de 675, alors que celui du R-410A est de 2088. La température critique du HFC-32 est plus haute que celle du R-410A, et donc un passage au fluide alternatif à faible PRG apporterait un avantage sous conditions de température élevée. Cependant, le HFC-32 est classé A2L en inflammabilité (voir la [Fiche info Kigali n°10](#) pour de plus amples détails sur l'inflammabilité des fluides frigorigènes) et ne peut donc pas être utilisé dans des systèmes de grande taille dans de nombreux pays.

Le propane peut offrir une haute efficacité, mais c'est un fluide frigorigène de haute inflammabilité classé A3 et il ne peut être adopté que pour des systèmes de très petite taille.

Le R-744 a une température critique beaucoup plus basse que tous les autres fluides réfrigérants d'usage courant. Pour une application en climatisation, il doit fonctionner en cycle « transcritique »<sup>2</sup> (la chaleur est dissipée au-dessus de la température critique). Cela rend le R-744 moins efficace et donc inadapté à la plupart des applications de climatisation en conditions de température élevée.

La difficulté est la plus importante pour les systèmes de climatisation de type multi-split de taille moyenne ou de grande taille, dont les systèmes à débit de réfrigérant variable, où les fluides frigorigènes inflammables peuvent ne pas être applicables et où le R-410A n'est pas bien adapté aux températures ambiantes élevées.

Les installations de plus grande taille à eau glacée pour la climatisation des immeubles posent moins de problèmes. Comme le groupe refroidisseur d'eau est en général placé dans une enceinte à accès restreint (par exemple dans une salle des machines, ou sur le toit) il est possible d'envisager une variété de fluides réfrigérants, y compris des gaz inflammables comme le HFO-1234ze ou le R-290. Ces derniers ont une température critique raisonnablement élevée qui peut les rendre tout à fait adaptés à un fonctionnement à température ambiante élevée. Pour de très gros groupes refroidisseurs, des fluides réfrigérants fonctionnant à des pressions peu élevées, comme le HFO-1233zd sont applicables. Ils ont des températures critiques très élevées et peuvent atteindre de très hauts rendements énergétiques.

**Température en sortie de compresseur.** Une autre caractéristique importante est la température en sortie de compresseur. Dans des conditions de température ambiante élevée le compresseur d'un système de climatisation doit fonctionner avec un taux de compression plus élevé que sous un climat plus tempéré. A cause de cela la température en sortie de compresseur peut atteindre des niveaux très élevés. Dans certaines circonstances, cela crée des problèmes techniques supplémentaires qui peuvent réduire la fiabilité du compresseur.

Cette hausse de la température en sortie de compresseur peut être compensée par un refroidissement supplémentaire du compresseur, mais cela a un coût en investissement et peut réduire le rendement énergétique. Il est important que les concepteurs prennent les mesures nécessaires pour que la température en sortie de compresseur reste dans les limites acceptables

Fluide frigorigène	Température critique °C
HFO-1233zd	165
R-717 (ammoniac)	132
HFO-1234ze	110
HFC-134a	101
R-290 (propane)	96,7
HCFC-22	96,1
HFC-32	78,1
R-410A	71,4
R-744 (CO <sub>2</sub> )	31,0

<sup>2</sup> Voir la [Fiche Info Kigali n°14](#) pour une description des cycles frigorifiques transcritique, subcritique et en cascade

## Recherches en cours, essais et développement :

Trouver une option pour les systèmes de climatisation apportant une grande efficacité pour faible PRG est d'une importance primordiale. C'est pourquoi les fabricants d'équipements et les producteurs investissent beaucoup en recherche et développement. Il existe aussi quelques programmes de recherche indépendants en cours, dont :

- PRAHA: Promoting low GWP Refrigerants for Air-Conditioning Sectors in High-Ambient Temperature Countries (encourage l'usage de fluides frigorigènes à faible PRG pour la climatisation dans les pays à températures ambiantes élevées)
- EGYPTA: Egyptian Project for Refrigerant Alternatives (projet égyptien en faveur des réfrigérants alternatifs)
- ORNL: the Oak Ridge National Laboratory High-Ambient-Temperature Evaluation Program for Low-Global Warming Potential (Low-GWP) Refrigerants (programme d'un laboratoire américain en faveur des alternatives à faible PRG)
- AREP: the AHRI Low GWP Alternative Refrigerants Evaluation Program (programme de l'institut américain de génie climatique pour l'évaluation des alternatives à faible PRG)

Ces recherches indépendantes montrent de quelle façon divers fluides frigorigènes fonctionnent dans des conditions de température ambiante élevée. Les derniers résultats de ces programmes d'études sont accessibles via le site <http://ozone.unep.org>

## La dérogation pour températures ambiantes élevées :

L'Amendement de Kigali intègre un mécanisme de dérogation qui peut être utilisé dans les pays qui connaissent des températures ambiantes élevées pour certaines applications qui ne peuvent pas utiliser les alternatives à faible PRG. La dérogation pour températures ambiantes élevées est un processus de dérogation qui s'ajoute aux dérogations pour utilisations critiques et pour utilisations essentielles déjà inclus dans le Protocole de Montréal, et peut s'appliquer à des usages des HFC.

**Définition des "températures ambiantes élevées" :** Pour que la dérogation pour températures ambiantes élevées puisse s'appliquer, le pays doit avoir connu en moyenne au moins deux mois par an, pendant 10 années consécutives, des pics de température moyenne mensuelle supérieurs à 35°C.

**Pays éligibles :** Les pays suivants ont été identifiés comme répondant la définition ci-dessus : Algérie, Arabie saoudite, Bahreïn, Bénin, Burkina Faso, Côte d'Ivoire, Djibouti, Égypte, Émirats arabes unis, Érythrée, Gambie, Ghana, Guinée, Guinée-Bissau, Iran (République islamique d'), Iraq, Jordanie, Koweït, Libye, Mali, Mauritanie, Niger, Nigéria, Oman, Pakistan, Qatar, République arabe syrienne, République centrafricaine, Sénégal, Soudan, Tchad, Togo, Tunisie et Turkménistan.

**Octroi de dérogations aux Parties connaissant des températures ambiantes élevées :** pour bénéficier de la dérogation pour températures ambiantes élevées, une Partie doit figurer sur la liste ci-dessus et doit avoir notifié au Secrétariat son intention de se prévaloir de cette dérogation, au plus tard un an avant la date du gel des HFC, et ensuite tous les quatre ans si elle souhaite prolonger cette dérogation.

**Appareils bénéficiant d'une dérogation pour températures ambiantes élevées :**

- a) Climatiseurs multiblocs (commerciaux et résidentiels)
- b) Climatiseurs biblocs avec conduits (commerciaux et résidentiels)
- c) Climatiseurs commerciaux tout air (autonomes)

**Ajustement des équipements concernés :** Le Groupe de l'évaluation technique et économique et des experts extérieurs sur les températures ambiantes élevées évaluent les solutions de remplacement des HFC, recommandent d'ajouter ou de retrancher des sous-secteurs de la liste ci-dessus et communiquent cette information à la Réunion des Parties. Ces évaluations sont effectuées périodiquement, la première intervenant après un délai de quatre ans à compter de la date du gel des HFC, et ensuite tous les quatre ans;

**Communication des données :** toute Partie bénéficiant d'une dérogation pour températures ambiantes élevées devra communiquer séparément ses données de production et de consommation pour les sous-secteurs auxquels s'applique la dérogation.

<sup>3</sup> Cette définition est fondée sur les températures moyennes pondérées spatialement par l'utilisation des températures maximales journalières, d'après les archives du Centre for Environmental Data : [http://browse.ceda.ac.uk/browse/badc/cru/data/cru\\_cy/cru\\_cy\\_3.22/data/tmx](http://browse.ceda.ac.uk/browse/badc/cru/data/cru_cy/cru_cy_3.22/data/tmx)