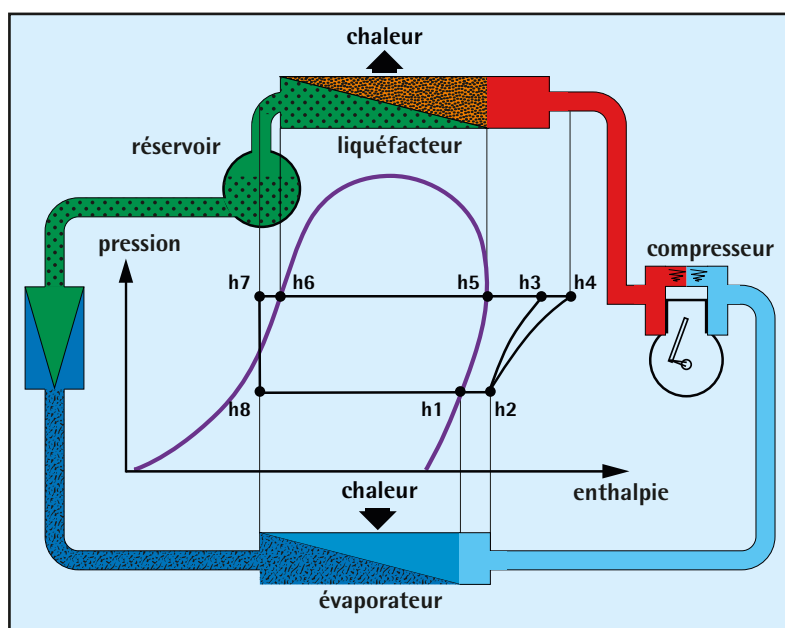


Quelques précieuses informations pour choisir un fluide frigorigène.



Exemple d'un circuit de réfrigération

Le fluide frigorigène est le carburant d'une installation frigorifique dans laquelle, circulant, il est évaporé, comprimé, liquéfié et détendu. Il assure le transfert de la chaleur en recevant, en dessous de la température ambiante, la chaleur, par évaporation, et en la cédant à nouveau, au-dessus de la température ambiante, par liquéfaction.

Le choix du fluide frigorigène adapté influe indiscutablement sur la performance, le coût de conception et la consommation énergétique d'une installation frigorifique. Il conditionne le niveau de sécurité et sa durée et ce, en référence aux nombreuses lois et réglementations.

Cette brochure, emplies de conseils et d'informations techniques, vous permet de choisir le fluide frigorigène adéquat.

Le fluide frigorigène idéal

Tout d'abord : il n'existe pas de fluide frigorigène universel idéal. Il convient, donc, de différencier les domaines d'application. Cependant, aussi bien les fluides frigorigènes de dernière génération que certains, « séculaires », satisfont aux exigences les plus sévères. Il est possible de trouver des solutions, judicieusement écologiques, économiques et ingénieuses, pour pratiquement toutes les utilisations.

Les fluides frigorigènes ne sont ni inflammables, ni toxiques et encore moins, corrosifs. En outre, ils possèdent les propriétés et avantages suivants :

- une bonne miscibilité avec l'huile,
- une stabilité chimique et thermique,
- une puissance calorifique et frigorifique élevée alliée à une faible consommation énergétique,
- un taux de compression intéressant,
- une température de refoulement basse,
- un bon rapport rendement/prix.

De plus, la compatibilité environnementale s'avère particulièrement importante : de nombreuses lois, directives et réglementations nationales et internationales ont initié, ces dernières années, un long et vaste programme de réformes qui influe, de manière décisive, sur le choix et l'emploi des produits. Il est désormais obligatoire de tenir compte de l'impact destructeur sur la couche d'ozone du fluide, de sa durée de vie dans l'atmosphère, et de son influence sur l'effet de serre.

Adapté à l'installation : les bases de l'évaluation

Le choix du fluide frigorigène le mieux adapté dépend de l'utilisation et du type d'installation. Les critères de base servant à une évaluation concrète sont les suivants :

- aptitude à la plage de températures nécessaire,
- propriétés thermodynamiques adaptées, ainsi que le comportement d'ébullition et la capacité thermique spécifique,
- pressions appropriées,
- compatibilité avec des machines et autres matériels utilisés,
- disponibilité des huiles adéquates pour machines,
- disponibilité des techniques de liaison adaptées,
- rentabilité élevée,
- respect à long terme des lois et directives en vigueur (dangers potentiels les plus minimes possibles).

La durée de vie d'une installation frigorifique, de climatisation et de pompe à chaleur est élevée, souvent supérieure à plusieurs décennies, durant lesquelles le fluide frigorigène utilisé a une réelle incidence sur la consommation énergétique : plus il est performant, plus les économies en termes de coûts sont importantes. Les éventuels investissements, plus élevés que prévus, sont amortis beaucoup plus rapidement.

De plus, les aspects environnementaux et les obligations juridiques inhérentes doivent être pris en compte : un fluide frigorigène choisi en fonction de sa durabilité permet de se passer d'équipements supplémentaires onéreux et d'éviter des écueils d'ordre juridique.

De... à : les plages de température

En ce qui concerne les applications, les fluides frigorigènes doivent impérativement être adaptés aux différentes plages de températures. Les températures d'évaporation en résultant induisent des pressions d'évaporation différentes qui ne doivent pas être inférieures à la pression atmosphérique lorsque l'installation est en marche. En présence de problèmes d'étanchéité, les plus minimes soient-ils, l'air et l'humidité sont susceptibles d'entrer dans le circuit frigorifique.

En général : plus la pression d'évaporation est faible, plus la puissance frigorifique volumétrique chute très bas. De ce fait, le compresseur doit être suffisamment puissant afin de pouvoir atteindre les puissances frigorifiques nécessaires.

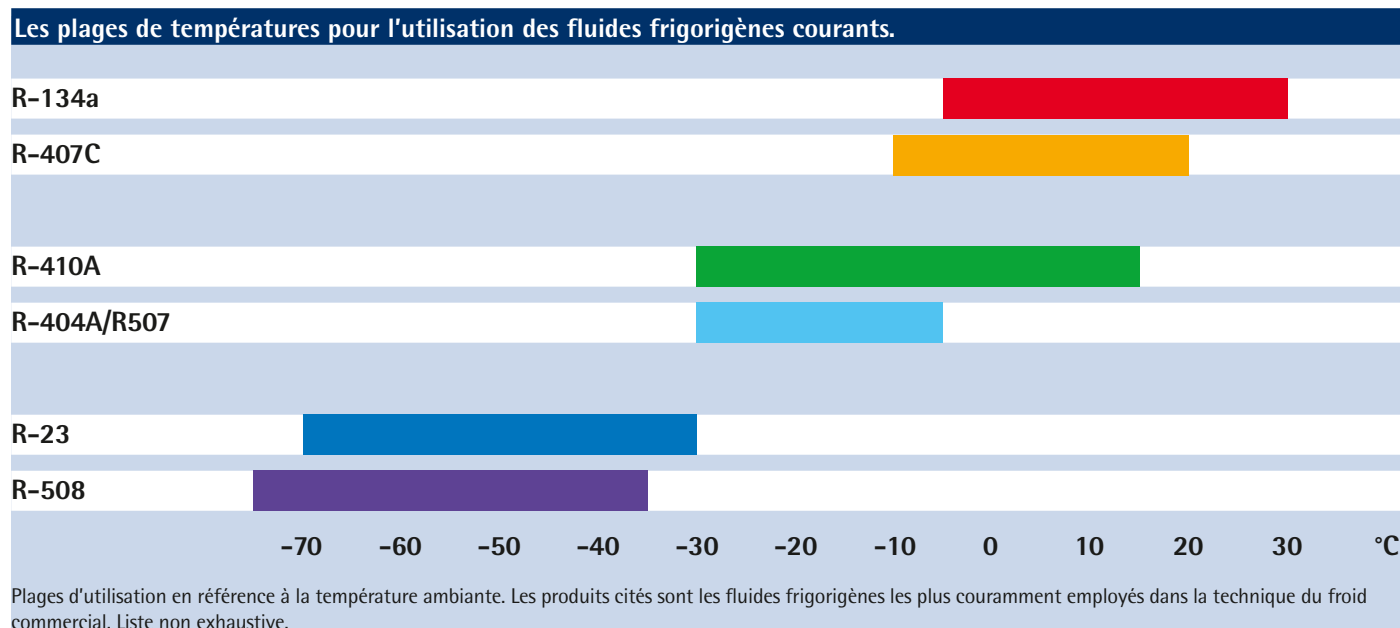
Une pression d'évaporation basse est également synonyme de pression de liquéfaction basse, ce qui :

- augmente la sécurité de l'installation,
- réduit le niveau requis pour assurer la résistance à la pression,
- permet de concevoir des épaisseurs de parois plus minces au niveau des tuyaux et réservoirs,
- diminue le risque de fuites, et,
- permet d'améliorer le classement suivant la directive des appareils à pression et le « Décret Allemand sur la sécurité des exploitations ».

En détail : les principaux fluides frigorigènes

Le R-134a

Le R-134a est, dans la plage d'évaporation de -40°C à $+10^{\circ}\text{C}$, le seul fluide frigorigène de molécule pure. C'est pourquoi il est parfait pour les installations possédant des évaporateurs dits immergés.



Comme le volume de gaz au niveau de l'entrée du compresseur est relativement important, il convient d'utiliser des systèmes avec des débits élevés, par exemple, des compresseurs à vis et des turbines.

La puissance frigorifique spécifique du R-134a est supérieure à celle des R-404A/R-507, mais, inférieure à celle des R-407C et R-410A.

Lorsque les températures d'évaporation sont inférieures à -10°C , l'utilisation de ce fluide frigorigène demeure très limitée.

Le R-134a est principalement utilisé dans les installations frigorifiques de transport et autres installations frigorifiques industrielles, ainsi que dans les appareils de réfrigération domestique.

Les R-404A/R-507

Les mélanges de fluides frigorigènes R-404A et R-507 présentent à peu près les mêmes propriétés. Alors que le R-507 est constitué de 2 composants, le R-404A est un mélange ternaire. Les caractéristiques thermodynamiques de ces deux produits sont à peine différenciables. Ils sont principalement employés dans les installations de réfrigération et de congélation ultra-rapide et de plus en plus, dans les pompes à chaleur et les installations de refroidissement normal. Il est ainsi possible d'installer des compresseurs plus petits, mais, au détriment de l'efficacité, celle-ci étant considérablement moindre.

Étant donné que le potentiel d'effet de serre direct de ces deux mélanges est très élevé, nous déconseillons vivement de les utiliser dans le cadre du refroidissement normal.

Les R-404A et R-507 peuvent être mis en œuvre en tant que produit de remplacement du R-22 et ce, après une conversion en bonne et due forme.

Le R-407C

Le R-407C a été développé en tant que fluide frigorigène de substitution pour le R-22 dans les installations de climatisation et les pompes à chaleur. Il peut également être utilisé dans des systèmes existants, mais après une conversion conforme. Les pressions de ces deux produits sont comparables. Toutefois, la température de refoulement finale du R-22 est quelque peu supérieure.

Le R-407C est constitué de 3 composants avec des températures d'ébullition très différentes, à pression égale. Il est résulte un glissement de température important au changement de phase, ce qui s'avère très intéressant dans les installations de pompes à chaleur lorsque l'effet de glissement est très utilisé.

Le fluide frigorigène zéotrope peut également être employé dans le cadre du refroidissement normal.

Le R-410A

Les deux composants du mélange R-410A présentent presque les mêmes températures d'ébullition. Inférieur à $0,2\text{ K}$, le glissement de température n'a pratiquement aucune influence. Néanmoins, ses excellentes propriétés en matière de transfert de chaleur dans les évaporateurs et liquéfacteurs sont très prisées. L'installation peut être très performante si sa conception est fort bien étudiée. Par contre, le niveau de pression, élevé, (environ 7 bar à 0°C , et en surpression dès 25 bar à $+43^{\circ}\text{C}$) constitue l'un de ses inconvénients ce qui ne facilite pas les opérations de montage et les réparations. En présence de sections tubulaires plus importantes, la résistance à la pression des raccords de tuyauteries soudo-brasés n'est plus indiquée.

Le R-410A est principalement employé dans les installations de climatisation et de pompes à chaleur dans une plage de capacité inférieure.

Les R-23/R-508A/R-508B

Les R-23, R-508A et R-508B opèrent en tant que fluides frigorigènes haute pression dans le cadre d'applications cryogéniques. Mais à cause de leurs pressions élevées, ces trois produits ne peuvent être employés que dans les étages inférieurs d'installations frigorifiques en cascade. Ils sont principalement utilisés dans les techniques médicales et de laboratoire, ainsi que dans les applications spéciales des secteurs de la recherche et du développement.

Le R-600a

Le R-600a, également isobutane, est un hydrocarbure extrêmement inflammable. Sa température d'ébullition est de -11°C à la pression atmosphérique. Toute application en deçà de cette température exige une parfaite étanchéité de l'installation afin d'éviter que des gaz de l'air entrent dans le circuit frigorifique.

Le volume balayé du compresseur est plus important et la puissance frigorifique susceptible d'être obtenue est légèrement meilleure que celle du R-134a.

Le R-600a est principalement utilisé dans les meubles réfrigérés domestiques qui n'ont besoin que de faibles quantités de remplissage.

Les R-290/R-1270

Les R-290 et R-1270 sont également des hydrocarbures extrêmement inflammables. Le R-290 (propane) possède un taux de compression plus faible que le R-22, une puissance frigorifique spécifique nettement plus élevée, des températures finales de refoulement plus basses, mais, un volume spécifique plus important. Les coefficients d'efficacité frigorifique sont à peu près identiques. Le R-290 permet d'atteindre, dans la technique des pompes à chaleur, des températures d'eau plus élevées.

Le R-1270 (propène) possède quasiment les mêmes propriétés que le R-22, mais, atteint des températures d'évaporation plus basses. C'est la raison pour laquelle le propène est surtout utilisé dans les installations cryogéniques dans le cadre de diverses applications industrielles.

Le R-717

La technique du froid industriel, par exemple, dans les entrepôts frigorifiques, les brasseries et les abattoirs, fait surtout appel, depuis plus de 100 ans, au fluide frigorigène naturel, le R-717 (ammoniac/NH₃). En outre, il est de plus en plus employé dans les groupes d'eau glacée compacts. L'ammoniac est toxique et inflammable dans certaines conditions.

L'énergie d'évaporation spécifique élevée et les pressions survenant dans les installations frigorifiques permettent de concevoir des compresseurs et échangeurs de chaleur de faibles dimensions. Les masses de fluides frigorigènes circulant sont faibles ce qui s'avère surtout intéressant en cas de puissance élevée.

Cependant, dans des plages de capacité faibles, les possibilités d'application sont limitées pour l'ammoniac. Les températures finales de refoulement sont très élevées même lorsque la pression est basse ce qui nécessite, dans certains cas, l'installation de culasses refroidies à l'eau et des liquéfacteurs.

Le R-744

Le R-744 (dioxyde de carbone), au début du 20^{ème} siècle, était principalement utilisé dans la technique de froid pour les bateaux. Avec le développement des fluides frigorigènes fluorés, ce Classique tendait à disparaître. Les pressions très élevées et les points triple et de fusion peu intéressants limitent toujours la diversité des applications. Néanmoins, ces dernières années, le dioxyde de carbone revient en force, à cause de la pollution imputable aux substances fluorées. Les constructeurs automobiles parlent, par exemple, de charger, à l'avenir, les équipements de climatisation installés dans les véhicules automobiles en R-744 à la place du R-134a. De même, le CO₂ est très prisé dans les installations frigorifiques en cascade mises en œuvre dans l'industrie et les complexes sportifs. Ses atouts ? une puissance frigorifique volumétrique élevée et des propriétés intéressantes en matière de transfert thermique.

Le R-744 n'est ni inflammable, ni toxique. C'est pourquoi il est classé dans le Groupe de Sécurité A1. La demande en dioxyde de carbone, en tant que fluide frigorigène, va continuer à augmenter dans les années à venir. Toutefois, le R-744 ne pourra pas totalement remplacer les substances fluorées.

Les principaux fluides frigorigènes et leur composition.

	R-22	R-23	R-32	R-125	R-134a	R-143a	R-116	R-218	R-600	R-600a	R-601	remplace le/les	type d'huile
R-22	100 %												M/A
R-23		100 %											E
R-134a					100 %							R-12	E
R-404A				44 %	4 %	52 %						R-22/R-502	E
R-407A			20 %	40 %	40 %							R-502, R-22 (réfrigération)	E
R-407C			23 %	25 %	52 %							R-22 (climatisation refroidissement normal)	E
R-410A			50 %	50 %									E
R-413A					88 %			9 %		3 %		R-12	M/A/E
R-417A				46,6 %	50 %				3,4 %			R-22 (climatisation)	M/A/E
R-422A				85,1 %	11,5 %					3,4 %		R-502 R-22 (réfrigération)	M/A/E
R-422D				65,1 %	31,5 %					3,4 %		R-22 (climatisation refroidissement normal)	M/A/E
R-427A			15 %	25 %	50 %	10 %						R-22	E
R-437A				19,5 %	78,5 %				1,4 %		0,6 %	R-12	M/A/E
R-507				50 %		50 %						R-22/R-502	E
R-508A		39 %					61 %						E
R-508B		46 %					54 %						E

M = huile minérale; A = huile alkylbenzène; E = huile ester

La conversion des installations CFC et HCFC existantes

Le Règlement (CE) N° 2037/2000 du Parlement européen et du Conseil, interdit à partir du 1er janvier 2010, l'utilisation de tous les HCFC (chlorofluorocarbones partiellement halogénés) en tant que produits frais, la raison d'une telle interdiction étant leur effet destructeur sur la couche

d'ozone. Il s'agit surtout du fluide frigorigène R-22 et de tous les mélanges contenant du R-22, par exemple, le R-401A, R-402-A, R-408A et R-409A, ce qui signifie, pour les exploitants d'installations que la fourniture de froid, après une avarie, peut, éventuellement, ne plus être assurée. Mais suivant l'âge de l'installation et son utilisation, il existe d'autres possibilités :

Pour les installations en fin de vie.

Remplacement par de nouvelles installations employant des fluides frigorigènes non destructeurs de la couche d'ozone :

Produits concernés par l'interdiction	Fluides frigorigènes pour installations neuves
R-401A/R-409A	R-134a
R-22 (climatisation)	R-407C ou R-410A
R-22 (froid)	R-404A ou R-507
R-402A/R-403B/R-408A	R-404A ou R-507

Pour les installations en état de fonctionnement.

Conversion simple en employant des fluides frigorigènes non destructeurs de la couche d'ozone :

Produits concernés par l'interdiction	Fluides frigorigènes de remplacement pour installations existantes
R-401A/R-409A	R-413A (ISCEON® M049) ou R-437A (ISCEON® M049 PLUS)
R-22 (groupe d'eau glacée, climatisation, refroidissement normal)	R-422D (ISCEON® M029)
R-22 (climatisation jusqu'à 15 kW)	R-417A (ISCEON® M059)
R-402A/R-403B/R-408A	R-422A (ISCEON® M079)

La conversion comprend, en détail :

- le contrôle portant sur le bon fonctionnement de l'installation,
- le soutirage écologique et économique du fluide frigorigène visé par l'interdiction,
- le changement de tous les filtres,
- l'installation éventuelle d'un filtre aspirateur,
- le contrôle des étanchéités (surtout celles en élastomère),
- la réalisation d'un test d'huile, et le cas échéant, un changement de l'huile,
- la mise au vide de l'installation,
- la mise en service et le remplissage du fluide frigorigène de remplacement,
- le contrôle de la surchauffe en présence de détenteurs thermostatiques.

N'hésitez pas à nous solliciter pour vous aider à faire votre choix ! Nous vous remettrons des documents détaillés pour effectuer vos conversions.

Ayez une longueur d'avance en matière de connaissances !

Nous sommes à votre disposition pour répondre à toutes vos autres questions ou pour vous adresser les guides d'informations déjà publiés dans la série « Bulletin d'information technique pour les professionnels - Un savoir-faire utile », à savoir :

- Manipulation adéquate des fluides frigorigènes
- La manipulation des fluides frigorigènes zéotropes
- Les fluides frigorigènes et leur codification.



Westfalen

Gaz industriels / Fluides frigorigènes / Propane

Westfalen France S.à.r.l.
Parc d'Activités Belle Fontaine
57780 Rosselange
France
Tél. +33 (0)3.87.50.10.40
Fax +33 (0)3.87.50.10.41
www.westfalen-france.fr
info@westfalen-france.fr

Westfalen BVBA-SPRL
Watermolenstraat 11
9320 Alost
Belgique
Tél. +32 (0)53-64.10.70
Fax +32 (0)53-67.39.07
www.westfalen.be
info@westfalen.be

Westfalen Gas Schweiz GmbH
Bachstr. 10/CP
4313 Möhlin
Suisse
Tél. +41 (0)61 855 25 25
Fax +41 (0)61 855 25 26
www.westfalen-gas.ch
info@westfalen-gas.ch

Westfalen Austria GmbH
Aumühlweg 21/TOP 323
2544 Leobersdorf
Autriche
Tél. +43 (0) 22 56/6 36 30
Fax +43 (0) 22 56/6 36 30-30
www.westfalen.at
info@westfalen.at

Westfalen Gassen Nederland BV
Rigastraat 20
7418 EW Deventer
Pays-Bas
Tél. +31 (0)570 - 63 67 45
Fax +31 (0)570 - 63 00 88
www.westfalengassen.nl
info@westfalengassen.nl

Westfalen AG
Industrieweg 43
48155 Münster
Allemagne
Tél. +49 (0)2 51/6 95-0
Fax +49 (0)2 51/6 95-129
www.westfalen-ag.de
info@westfalen-ag.de