

## RÉFRIGÉRANTS INDUSTRIELS POUR REFROIDISSEURS

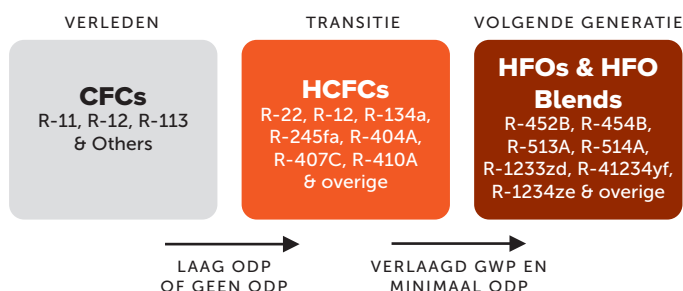
### QU'EST-CE QU'UN RÉFRIGÉRANT?

Les refroidisseurs industriels éliminent la chaleur via des cycles de compression de vapeur, de réfrigération par adsorption ou de réfrigération par absorption. Les réfrigérants, ou fluides de travail, sont les substances utilisées dans les cycles de réfrigération où, dans la plupart des cas, ils passent d'un liquide à un gaz et inversement. Les fluorocarbures, en particulier les chlorofluorocarbures, sont devenus des frigorigènes courants au XXe siècle, mais ils sont maintenant éliminés en raison de leurs effets d'appauvrissement sur la couche d'ozone. D'autres réfrigérants courants sont l'ammoniac, le dioxyde de soufre et les hydrocarbures non halogénés tels que le propane.

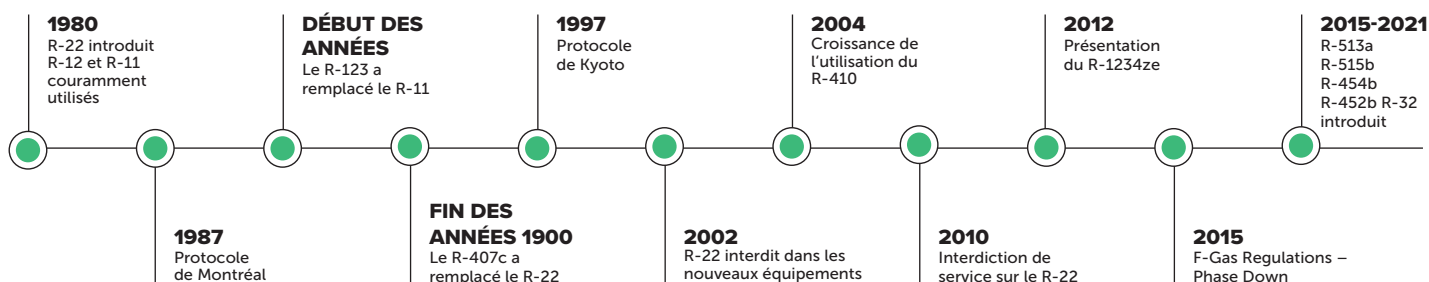
### PROPRIÉTÉS IDÉALES DU RÉFRIGÉRANT

Le réfrigérant idéal serait non toxique, ininflammable, non explosif, non corrosif, non nocif pour l'environnement, bon marché et facile à produire et à utiliser tout en ayant de bonnes propriétés thermodynamiques.

Les propriétés thermodynamiques souhaitées sont un point d'ébullition légèrement inférieur à la température cible et une chaleur latente de vaporisation élevée pour déplacer plus de chaleur par volume lorsqu'elle bout. Idéalement, le réfrigérant doit avoir une densité modérée sous forme liquide, une densité relativement élevée sous forme gazeuse, et s'évaporer et se condenser à des températures facilement manipulables par compression. Etant donné que le point d'ébullition et la densité du gaz sont affectés par la pression, les réfrigérants peuvent être adaptables à une application particulière



### CHRONOLOGIE INFOGRAPHIQUE:



**SPECIALISTES DU CONTRÔLE DES TEMPÉRATURES. VENTES. LOCATION. SERVICE.**

[WWW.ICSCOOLENERGY.FR](http://WWW.ICSCOOLENERGY.FR)

Nos bureaux internationaux: France: 01 60 66 80 83 | Angleterre et Pays de Galles: 0800 774 7426 | Irlande: 04692 52934 | Écosse: 01698 7445 40  
 Allemagne: 0800 0116 0117 | Pays-Bas: 088 258 2580 | Belgique: 0800 29 110 | L'Autriche: 01236 81 73 | Suisse: 055 505 66 22

par un choix approprié de pressions de fonctionnement. Enfin, les réfrigérants doivent bien se mélanger à l'huile, de sorte que l'huile puisse lubrifier efficacement le compresseur.

En réalité, différents réfrigérants possèdent divers degrés de ces propriétés, ce qui fait du choix une question de compromis. Le changement de priorités au cours du siècle dernier, de la sécurité à la protection de l'environnement, continue de conduire à des changements dans le choix des réfrigérants.

### HISTOIRE ET RÉGLEMENTATION DES FLUIDES FRIGORIGÈNES

Les premiers réfrigérants commerciaux utilisaient des gaz toxiques ou inflammables, tels que l'ammoniac, le chlorure de méthyle ou le propane, qui pouvaient entraîner des accidents mortels en cas de fuite. Un gaz chlorofluorocarboné (CFC) non toxique et ininflammable a été développé en 1928 (R-12) et le fréon de marque DuPont a été remplacé plus tard par l'hydrochlorofluorocarbure (HCFC) couramment R-22 et les réfrigérants hydrofluorocarbonés (HFC). Ces fluides frigorigènes étaient fréquemment utilisés à des fins industrielles car ils offraient un haut niveau de sécurité et d'efficacité combiné à de faibles coûts d'installation.

La plupart de ces frigorigènes CFC, HCFC et HFC sont des gaz à effet de serre qui contribuent au réchauffement climatique et peuvent appauvrir la couche d'ozone en cas de fuite dans l'atmosphère. Le R-22, par exemple, a un potentiel de réchauffement planétaire (PRG) environ 1 800 fois plus élevé que le CO2.

Les réglementations sont devenues de plus en plus strictes avec le Protocole de Montréal en 1987 et le Protocole de Kyoto en 1997, ce qui a entraîné une transition vers des réfrigérants ayant un impact environnemental encore plus faible. Au Royaume-Uni, une réglementation est entrée en vigueur en 2002, interdisant l'utilisation de frigorigènes HCFC qui appauvrissent la couche d'ozone tels que le R22 dans les nouveaux systèmes. Les anciens refroidisseurs qui utilisent ce réfrigérant peuvent cependant être réparés et entretenus.

## RÉFRIGÉRANTS INDUSTRIELS POUR REFROIDISSEURS

La réglementation européenne sur les gaz F est entrée en vigueur en 2015 pour réduire les émissions de gaz à effet de serre fluorés (gaz F) grâce à des quotas, des interdictions et des exigences d'entretien progressivement réduits ;

- Limitation de la quantité de gaz fluorés vendus dans l'UE à partir de 2015, réduction progressive par étapes à un cinquième des ventes de 2014 à 2030.
- Interdiction des gaz fluorés dans de nombreux nouveaux types d'équipements
- Prévention des émissions de gaz F des équipements existants en exigeant des contrôles, des entretiens et la récupération des gaz en fin de vie de l'équipement

Ces réglementations et la demande du marché pour des solutions plus respectueuses de l'environnement ont entraîné de nombreuses innovations dans les processus industriels et le contrôle de la température HVAC avec l'adoption de nombreux nouveaux réfrigérants tels que le R454b et le R513a.

### CLASSIFICATIONS DE SÉCURITÉ DES RÉFRIGÉRANTS

Les réfrigérants sont classés en fonction de leur toxicité et de leur inflammabilité. Il existe deux classes de toxicité ; toxicité inférieure (classe A) lorsque les concentrations toxiques sont inférieures ou égales à 400 parties par million (PPM) en volume et toxicité plus élevée (classe B).

Il existe quatre classes d'inflammabilité : 1, 2L, 2 ou 3. La classe 1 est pour les réfrigérants qui ne présentent aucune propagation de flamme à 140 ° F (60 ° C) allant jusqu'à la classe 3 hautement inflammable. Le but de la sous-classe 2L est de refléter les propriétés d'inflammabilité inférieures des nouveaux réfrigérants à faible PRG, tels que les hydrofluoro-oléfines (HFO), comme le R-1234yf et le R-1234ze.

	1 (Pas de propagation de la flamme)	2 (Inflammabilité inférieure)		3 (Inflammabilité plus élevée)
A (moindre toxicité <400ppm)	A1 – inc. CFC's R-718 (l'eau) R-744 (CO2) R-22 R-410a R-407c R-513a R-1234zd	A2L - inc. HFO's R-32 R-454b R-1234yf R-1234ze	A2 - inc. HFC/ HCFC's R152a	A3 R-290 (Propane) R600a (Isobutane)
B (toxicité plus élevée)	B1 R-123	B2L R-717 (Ammoniaque)	B2	B3 R-1140

### POTENTIEL D'APPAUVRISSMENT DE LA COUCHE D'OZONE (PDO) ET POTENTIEL DE RÉCHAUFFEMENT PLANÉTAIRE (PRG)

Tous les réfrigérants ont un potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone (PDO) et un potentiel de réchauffement planétaire (GWP). Le potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone (PDO) est la quantité relative de dégradation de l'ozone par rapport au R-11 (ou CFC-11) fixé à un PDO de 1,0. C'est le rapport entre la perte globale d'ozone et la perte globale d'ozone due au CFC-11 de même masse.

Les hydrochlorofluorocarbures ont des ODP pour la plupart dans la gamme 0,005 - 0,2 en raison de la présence de l'hydrogène qui les fait réagir facilement dans la troposphère, réduisant ainsi leur chance d'atteindre la stratosphère où la couche d'ozone est présente. Les hydrofluorocarbures (HFC) n'ont pas de teneur en chlore, de sorte que leur ODP est essentiellement nul.

Le potentiel de réchauffement planétaire (GWP) est la chaleur absorbée par tout gaz à effet de serre dans l'atmosphère, en tant que multiple de la chaleur qui serait absorbée par la même masse de dioxyde de carbone (CO2). Le GWP est une mesure de la façon dont les réfrigérants nuisibles à l'environnement peuvent être par rapport au CO2 qui a un GWP de 1,0

	Type	Réfrigérant	ODP	GWP*	
Synthétique	CFC	R-12	1	Très haut	10,910
	HCFC	R-123	0.012	bas	
	HFO	R-1234ze	0	Ultra bas	1
	HFC	R-134a	0	Hoog	1,430
	HCFC	R-22	0.05	Hoog	1,810
	HFC	R-32	0	Moyenne	675
	HCFC	R-401a	0.027	Moyenne	
	HFC	R-404a	0	Très haut	
	HFC	R-407a	0	Hoog	
	HFC	R-407c	0	Hoog	
	HCFC	R-408a	0.016	Très haut	
	HCFC	R-409a	0.039	Hoog	
	HFC	R-410a	0	Hoog	2,090
	HFO	R-454b	0	bas	466
	HCFC	R-502	0.18	Très haut	
	HFC	R-507	0	Très haut	
	HFO	R-513a	0	Moyenne	631
Naturel	Isobutaan HC	R-600a	0	Ultra bas	
	Ethaan	R-170	0	Ultra bas	
	Propaan	R-290	0	Ultra bas	
	CO <sup>2</sup>	R-744	0	Ultra bas	1
	Ammoniak	R-717	0	Aucune	
	Water	R-718	0	Aucune	

\* Bron: Waarden voor 100 jaar aardopwarmingsvermogen (GWP) uit IPCC Fourth Assessment Report

## RÉFRIGÉRANTS INDUSTRIELS POUR REFROIDISSEURS

### NOUVEAUX FLUIDES FRIGORIGÈNES À FAIBLE PRG

Alors que le marché de l'UE était de 71% de R410a pour les nouveaux équipements vendus en 2020, deux nouveaux réfrigérants à faible PRG devraient prendre le relais à partir de 2021, le R32 et le R454B.

HFC				HFO		Mélange HFC/HFO		Natural
R-410a	R-407c	R-134a	Autres	R-1234ze	Autres	R-513a	Autres	
71%	1%	10%	12%	3%	0%	1%	2%	0%

Le R32 a un faible GWP de 675 et un ODP nul. Il s'agit d'un réfrigérant à un seul composant, ce qui signifie qu'il est plus facile à utiliser à plusieurs reprises. Étant simple à produire, c'est souvent un choix rentable et qui nécessite moins de volume de réfrigérant par kilowatt par rapport aux autres réfrigérants. Le R32 ne se sépare pas, a de faibles niveaux de toxicité et est légèrement inflammable. Ce réfrigérant est plus couramment utilisé dans les équipements de climatisation HVAC car il offre un rendement élevé, mais peut être un réfrigérant extrêmement difficile à manipuler.

Le R454B est un réfrigérant HFO (Hydro Olefin) fabriqué en mélangeant R32 et 1234yf et comme le R32 a un ODP de ZERO et un GWP encore plus bas de 466. Le R454B est moins inflammable que le R32 et offre des propriétés similaires au R410a, ce qui en fait un produit rentable et une solution facile à utiliser dans les nouveaux équipements sans modifications majeures, idéale pour les applications de refroidissement de processus industriels et de pompes à chaleur.

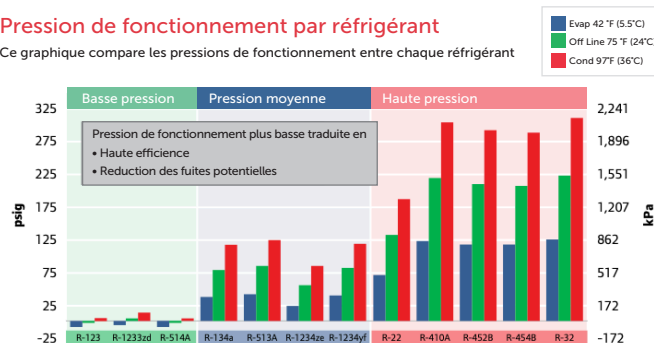
### PRESSION DE FONCTIONNEMENT NÉCESSAIRE POUR LES NOUVEAUX FRIGORIGÈNES

Alors que la prochaine génération de réfrigérants équilibre les besoins de sécurité et de réduction de l'empreinte carbone, un compromis est fait entre le développement et le coût de l'équipement pour faire face aux pressions requises pour que ces réfrigérants fonctionnent. En remplacement du R-410A, le R-454B fonctionne à une pression légèrement inférieure alors que le R-32 nécessite une pression légèrement plus élevée.

La prochaine génération de réfrigérants apportera des améliorations au niveau des coefficients de performance (COP), sur le rapport entre le chauffage ou le refroidissement fournit pour le fonctionnement demandé ou l'énergie utilisée du compresseur.

### Pression de fonctionnement par réfrigérant

Ce graphique compare les pressions de fonctionnement entre chaque réfrigérant



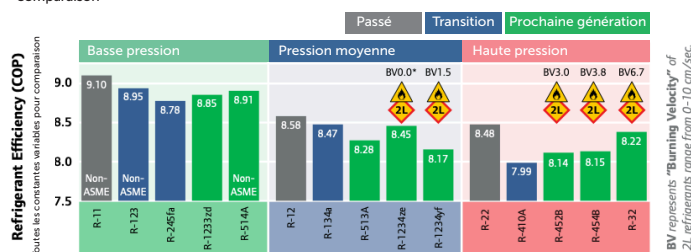
### DÉVELOPPEMENT DE RÉFRIGÉRANTS ICS COOL ENERGY

ICS Cool Energy, le principal fournisseur de solutions pour le contrôle des processus et des températures critiques, possède une vaste expérience dans la conception de produits fonctionnant avec des fluides frigorigènes à faible PRG. Notre gamme complète d'unités à vis, centrifuges et centrifuges à grande vitesse est déjà disponible avec des alternatives de réfrigérant à faible GWP telles que le R1234ze, le R1233zd et le R513A.

Tout au long du premier semestre 2021, des unités i-Chiller Compact plus petites seront développées pour utiliser le R513a tandis que la majorité des refroidisseurs i-chillers intégrés ICS Cool Energy et des unités plus grandes passeront à l'utilisation du R454b comme option de valeur GWP la plus basse pour remplacer le R410a tout en maximisant le fonctionnement à haut rendement.

### Impact environnemental par réfrigérant

Ci-dessous l'efficacité théorique pour les réfrigérants communs, avec des variables de constantes pour comparaison



Le R-123ze est inflammable à température ambiante, donc son BV est de zéro par définition. Cependant, il devient inflammable à une température supérieure à 30°C.

## RÉFRIGÉRANTS INDUSTRIELS POUR REFROIDISSEURS

R-454b	Dernière alternative inflammable au R-410a qui, quand il est utilisé comme gaz d'appoint, fournit 5% d'efficacité, la possibilité de réduire la charge, un GWP bas de 466 et seulement 2L d'inflammabilité.
R-513a	Remplaçant non-inflammable du R-134a, sans impact sur la capacité, près de zéro ODP et un GWP 55% plus bas (573 vs 1300). Alors que théoriquement l'efficacité peu baissé jusqu'à 2%, si utilisé comme gaz d'appoint, la réalité de l'impact sur l'efficacité un groupe froid est plutôt de 4-6%, en fonction de l'utilisation.
R-1233zd	Une molécule unique non-inflammable en remplacement du R-123, qui offre un taux de OPD proche de zéro et un GWP très bas de 1. Souvent référé comme « zd », il est classifié comme un réfrigérant « A1 ».

La campagne de sensibilisation «eMission Critical » d'ICS Cool Energy a contribué depuis près de 10 ans à réduire les émissions de gaz à effet de serre de ses clients d'1 gigatonne (1 trillion de tonne de CO<sub>2</sub>).

### TERMES CLÉS DÉFINIS:

**ODP** – potentiel d'appauvrissement de la couche d'ozone - degré auquel une substance peut dégrader la couche d'ozone; toutes les mesures relatives à une masse similaire de CFC-11, qui est indexée à 1,0.

**GWP** – potentiel de réchauffement planétaire - degré auquel un gaz à effet de serre (GES) emprisonne la chaleur dans l'atmosphère; toutes les mesures relatives à une masse similaire de dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>), qui est indexée à 1,0. L'accumulation de GES peut provoquer des changements climatiques.

**CFC** – chlorofluorocarbures (par exemple R-11, R-12) - éliminés par le Protocole de Montréal en 1996 en raison de leurs PDO très élevés. Impact significatif sur l'appauvrissement de la couche d'ozone et le réchauffement climatique en raison des atomes de chlore et de fluor et de la très longue durée de vie atmosphérique.

**LES HCFC** – hydrochlorofluorocarbures (par exemple R-22, R-123) - contiennent également du chlore, mais contribuent moins à l'appauvrissement de la couche d'ozone et au changement climatique en raison de la durée de vie atmosphérique plus courte. Toujours utilisé dans le monde mais avec des dates d'élimination prévues dans le cadre du Protocole de Montréal.

**LES HFC** – hydrofluorocarbures (par exemple R-134a, R-404A, R-407C, R-410A) - ne contiennent pas de chlore, mais ils ont un PRG élevé compte tenu de leur teneur en fluor. Actuellement ciblé pour une réduction progressive mondiale en vertu du Protocole de Montréal.

**HFO ET HCFO** – hydrofluoro-oléfines (par exemple R-1234yf, R-1234ze) et hydrochlorofluorooléfines (par exemple R-1233zd) - réfrigérants de nouvelle génération qui n'appauvrissent pas la couche d'ozone avec un PRG ultra bas et des vies atmosphériques très courtes (mesurées en jours contre des années ou des décennies)..

**MÉLANGES DE HFO** – (par exemple R-452b, R-454b, R-513a, R-514a) - mélanges comprenant un HFO avec des PRG inférieurs.

- Zeotropes (mélanges de la série 400) - ont des composants qui bouillent et se condensent à différentes températures (c'est-à-dire ont un certain degré de glissement de température). Le glissement inférieur est généralement préféré pour les applications HVAC.
- Azéotropes (mélanges de la série 500) - se comportent comme un réfrigérant à un seul composant pendant le changement de phase, avec pratiquement aucun glissement de température.

**PROTOCOLE DE MONTRÉAL** – Traité international signé en 1987, initialement conçu pour protéger la couche d'ozone en éliminant progressivement la production et la consommation de substances appauvrissant la couche d'ozone.

**PROTOCOLE DE KYOTO** - prolonge la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques (CCNUCC) de 1992 qui engage les États parties à réduire les émissions de gaz à effet de serre. Adopté à Kyoto en 1997 et entré en vigueur en février 2005.

**L'AMENDEMENT DE KIGALI** - étend le champ d'application du Protocole de Montréal pour réduire progressivement la production et la consommation mondiales de HFC. Signé en octobre 2016, ratifié par l'UE et l'État 112 à compter de janvier 2021.