

# ÉTUDE COMPARATIVE

## FLUIDES R-454C / R-455A

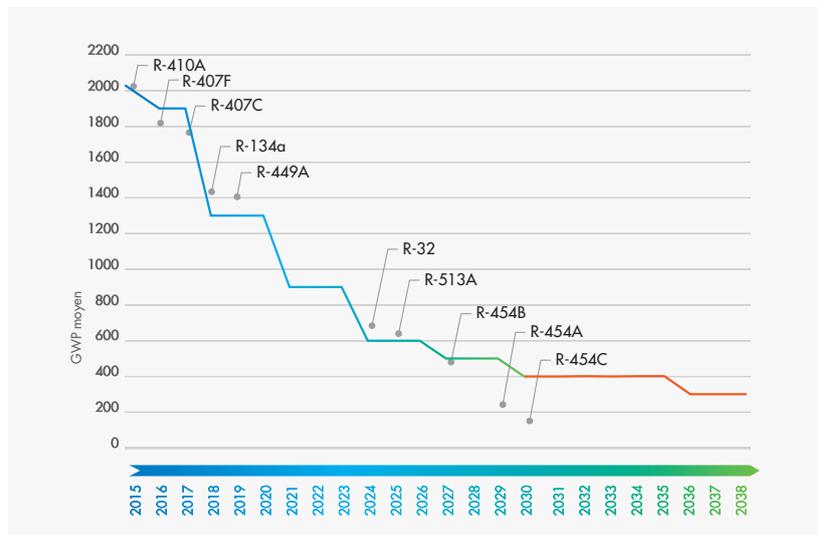
### COMMENT CHOISIR ?

#### BIEN CONNAÎTRE LA RÉGLEMENTATION ET L'ANTICIPER : « QUOTAS ET RESTRICTIONS »

Cette mesure a pour but de réduire l'effet de serre, par la réduction de la quantité totale d'HFC mise sur le marché de l'Union européenne (quantité exprimée en tonnes équivalent CO<sub>2</sub>).

La solution pour ne pas tarir la disponibilité de fluides frigorigènes est de choisir à l'avenir des solutions à bas potentiel de réchauffement global (PRG\*).

Pour accompagner cette mise sous quotas du marché, le législateur a mis en place un calendrier d'interdictions en mettant l'accent sur des seuils PRG en fonction du type de fluide et de son usage.



Restrictions sur l'utilisation de fluides frigorigènes dans les équipements neufs de réfrigération fixe dont le GWP  $\geq 2500$ .

Exemples de fluides avec GWP  $> 2500$  :

- R-404A
- R-507
- R-422D
- R-422A

Restrictions sur l'utilisation de fluides frigorigènes dont le GWP  $\geq 750$  pour les systèmes de climatisation bi-blocs et dont la charge est inférieure à 3 kg.

Les applications de climatisation fonctionnant au R-410A sont concernées dès 2025



Restrictions sur l'utilisation de fluides frigorigènes pour les systèmes de réfrigération centralisés multipostes à usage commercial supérieur à 40 kW froid, le GWP d'usage en neuf  $< 150$ . Sauf pour les systèmes en cascade avec circuits primaires, GWP  $< 1500$ .

Exemples de fluides dont le GWP est compris entre 2500 et 150 :

- R-32
- R-134a
- R-407A
- R-407F
- R-448A
- R-449A

\*en anglais : GWP, Global Warming Potential

# QUELLES PERFORMANCES POUR LES A2L DONT LE GWP < 150 ?

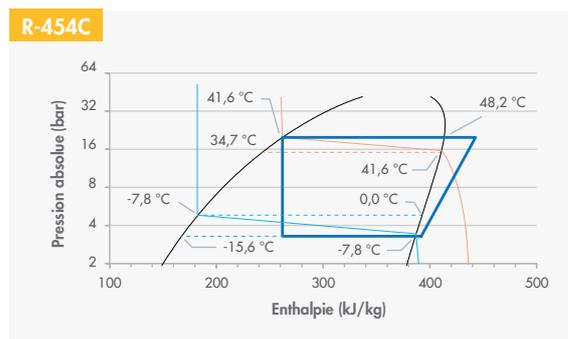
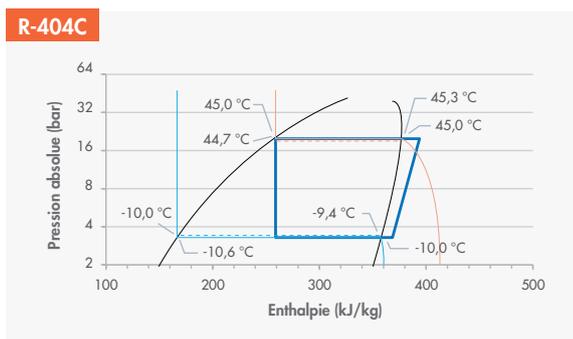
Pour évaluer ces divers fluides, une première approche consiste à les comparer d'un point de vue théorique par le biais de calculs de cycles thermodynamiques pour une température moyenne d'évaporateur de -10 °C et une température de condensation moyenne de 45 °C.

FLUIDE	R-404A	R-449A	R-454C*	R-455A*
Pouvoir frigorifique volumique (MJ/m <sup>3</sup> )	2,1	2,2	1,9	2,1
Chaleur latente d'évaporation (kJ/kg)	97	134	126	132
Chaleur latente de condensation (kJ/kg)	129	174	165	172
Énergie de compression théorique (kJ/kg)	32	40	38	40
EER	3,06	3,33	3,32	3,29
COP	4,06	4,33	4,32	4,29
Pression d'aspiration (bar)	4,3	3,8	3,5	3,8
Pression de refoulement (bar)	20,4	19,8	17,9	19,7
Température de refoulement théorique (°C)	56,0	65,7	61,4	64,8
Taux de compression	4,7	5,17	5,16	5,20
Glissement de température HP (K)	0,3	4,2	6,6	9,4
Glissement de température BP (K)	0,6	5,4	7,8	12,3
Glissement de température BP utile en détente directe (K)	0,4	3,5	4,9	6,3
Composition massique	R-125 = 44 R-143a = 52 R-134a = 4	R-32 = 24,3 R-125 = 24,7 R-1234yf = 25,3 R-134a = 25,7	R-32 = 21,5 R-1234yf = 78,5	CO <sub>2</sub> = 3 R-32 = 21,5 R-1234yf = 75,5
Glissement de température HP (K)	0,3	4,2	6,6	9,4
ODP	0	0	-	-
GWP	3922	1397	148	148
Nom commercial	-	Opteon™ XP40	Opteon™ XL20	SOLSTICE® L40X
Classe de sécurité	A1	A1	A2L	A2L
Groupe DESP	2	2	1	1

\* Fluide A2L

$$T_{R-404A}^{moy\ cd} = \frac{T_{sat\ vap\ cd} - T_{sat\ liq}}{2} = T_{R-454C}^{moy\ cd} = 45\text{ °C}$$

$$T_{R-404A}^{moy\ ev} = \frac{T_{sat\ vap} - T_{entré\ evap}}{2} = T_{R-454C}^{moy\ ev} = -10\text{ °C}$$



# COMMENTAIRES

## CYCLE THÉORIQUE -10 °C/45 °C

Notons que les fluides frigorigènes de la famille des fluorés ayant un GWP inférieur à 150 sont des fluides possédant des pressions de fonctionnement similaires au R-404A et au R-449A. Cependant, leurs classes de sécurité diffèrent : le R-404A est classé A1 non toxique et non inflammable, et les solutions R-454C et R-455A sont classées A2L non toxiques et légèrement inflammables. La classe A2L est du groupe 1 selon la directive des équipements sous pression (DESP), ainsi il est administrativement difficile de convertir une installation fonctionnant avec un fluide de classe A1 vers un fluide de classe A2L.

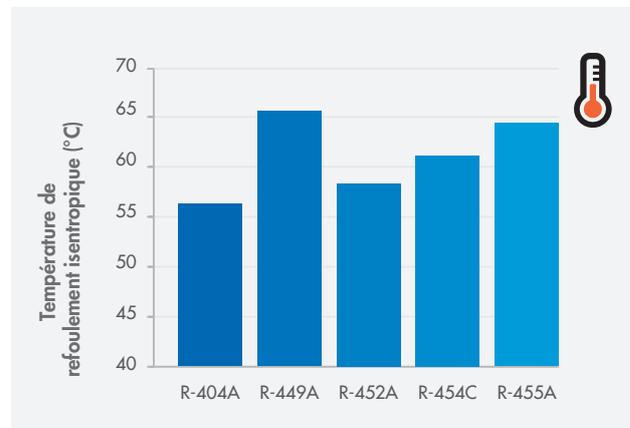
### COMPOSITION :

La composition des mélanges R-454C et R-455A a pour effet d'augmenter le glissement de température du fluide et d'en impacter le comportement au niveau des échangeurs (évaporateur et condenseur).

Sur cette approche théorique, les performances COP et EER, des cycles montrent un gain de l'ordre de 10%

pour les mélanges HFC/HFO comparé au R-404A, fluide de référence. La capacité frigorifique théorique est légèrement inférieure de 5% pour le R-454C et identique avec le R-455A.

Les températures de refoulement théorique sont acceptables, elles se situent à +5 °C avec le R-454C et à +10 °C avec le R-455A par rapport au R-404A.



### ESSAIS SUR MACHINE COMPATIBLE A1 ET A2L, POUR UNE COMPARAISON OBJECTIVE.

Les calculs théoriques amènent à une attention particulière sur les glissements de température proposés par ces fluides zéotropes. Il apparaît alors légitime de s'interroger sur le comportement de ces fluides en situation réelle.

Nous retrouvons dans la littérature scientifique plusieurs articles proposant des comparatifs et essais sur les nouveaux fluides A2L.

Un article présenté à la Conférence ICCO 2020 de la Chaîne du Froid (*International Cold Chain Conference*) présente les résultats d'une campagne d'essais visant à comparer les performances et la plage de fonctionnement d'un groupe de condensation d'une capacité nominale de 8 kW fonctionnant avec au R-404A et à deux autres mélanges HFO/HFC. Notons que le système est certifié par le constructeur pour l'utilisation des A2L.

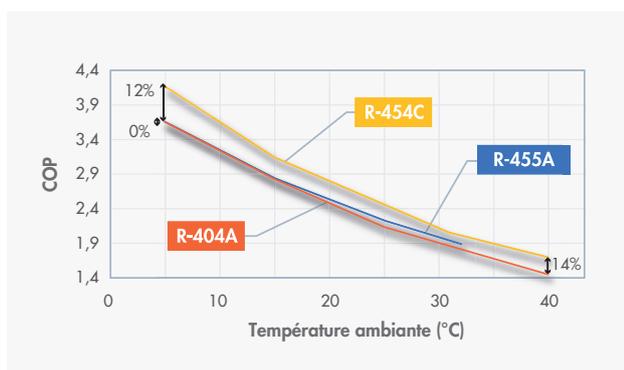
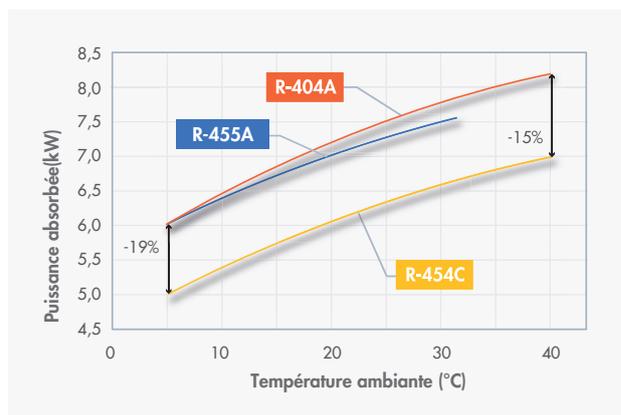
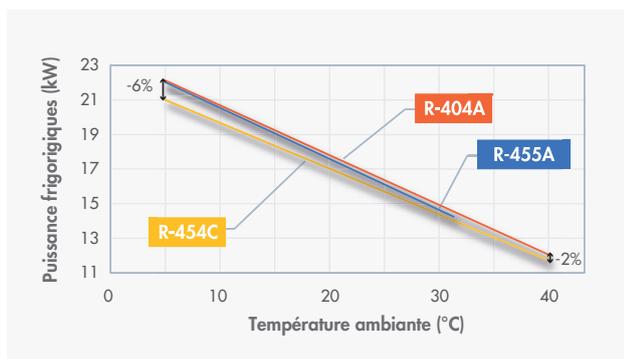
Les résultats présentés dans cet article montrent qu'il est possible de remplacer le R-404A dans une unité de condensation par des fluides frigorigènes à faible GWP sans causer d'impacts négatifs sur le COP et la capacité de refroidissement. Dans toutes les conditions, les nouveaux fluides frigorigènes ont montré un COP supérieur à celui du R-404A. A température d'évaporation constante ( $T = -10$  °C) et à des températures ambiantes d'air de 15 °C à 43 °C, le R-454C a montré une capacité de refroidissement similaire à celle du R-404A.

Pour les tests réalisés à température d'évaporation constante, le R-454C a montré un COP supérieur à celui du R-404A de 17% à 33%, tandis que la capacité de refroidissement est plus ou moins similaire pour les deux fluides.

# SOLUTIONS À BAS GWP :

## ANALYSE & RÉSULTATS

Étude des performances d'un groupe de condensation et comparaison des solutions R-404A, au R-454C et au R-455A (étude théorique via logiciel du constructeur) :



La performance élevée de la solution R-454C s'explique en grande partie par l'utilisation optimale de son glide modéré permettant d'optimiser la surface du condenseur par un profil de température de refroidissement adéquat.

## CONCLUSION

La diversité des fluides A2L est importante et certaines exigences de sécurité peuvent varier selon les substances utilisées. Il est très fortement conseillé de respecter les points suivants :

- Respect de la norme EN 378 ;
- Choix des équipements et fournisseurs ;
- Diffusion et appropriation des bonnes pratiques ;
- Certificat d'ensemble pour certains groupes de condensation (DESP) ;
- Conformité des équipements ;
- Réalisation d'une analyse de risques.

L'évolution prochaine de la réglementation F-Gas passera par l'emploi massif de ces nouvelles solutions de fluides frigorigènes à bas GWP pour répondre aux exigences de la réglementation F-Gas.