

RIVOLUZIONE F-GAS NEL TRASPORTO REFRIGERATO

**Gérald CAVALIER, Tecnea-Cemafroid President (www.cemafroid.fr), President of transport and storage section of International Institute of Refrigeration (IIR) (www.iiriif.org), President of Association Française du Froid (www.aff.asso.fr)
Claudia CAPO, Cemafroid, PhD student**

Introduzione

A partire dal 2015 il Regolamento Europeo sui gas fluorurati n° 517/2014/UE ha sostituito il precedente, n° 842/2006/UE rinforzando i vincoli ambientali relativi agli idrofluorocarburi (HFC) utilizzati nelle macchine di refrigerazione. Gli HFC che hanno un potenziale di impatto sul riscaldamento globale (GWP) superiore a 2500 saranno banditi per le nuove attrezzature a partire dal 2020 tenendo conto che la quota totale di GWP disponibile su scala europea è già diminuita del 37% dal 2015. Al tempo stesso il prezzo degli HFC, come ad esempio quello dell'R404A, si è moltiplicato di 10 volte. Questa evoluzione continuerà per diversi anni nell'ambito del regolamento F-gas ma anche dell'Emendamento Kigali.

In questo contesto, il trasporto refrigerato, il cui carico di refrigerante è realizzato per più del 95% utilizzando l'R404, deve far fronte sia alle evoluzioni ambientali che ai vincoli economici. Come già messo in evidenza da diversi autori, il trasporto refrigerato è il settore della refrigerazione più colpito da queste evoluzioni. Il trasporto refrigerato è anche quel settore con il minor numero di alternative sia in termini di refrigeranti che di sistemi per la produzione del freddo.

Questo articolo presenta l'evoluzione degli HFC nel settore del trasporto refrigerato a partire dal 2015 e le tendenze dei prossimi anni, presenta un aggiornamento delle soluzioni esistenti sul mercato e i programmi di ricerca in corso per le unità di refrigerazione utilizzate nel trasporto refrigerato.

La flotta nel settore del trasporto refrigerato e le unità di refrigerazione

La flotta del trasporto refrigerato

L'Accordo delle Nazioni Unite sul Trasporto refrigerato (ATP) richiede certificati di conformità per tutti i mezzi utilizzati nell'ambito del trasporto internazionale di merci deperibili. In Francia tutti i mezzi di trasporto dovrebbero avere un certificato di conformità. Questo certificato riguarda sia l'isolamento della struttura del veicolo che la sua unità di refrigerazione. Per quanto riguarda l'unità di refrigerazione, il riferimento e la quantità di refrigerante sono specificati. Dal 2002 la Francia, per la gestione e l'emissione di questi certificati, ha sviluppato una piattaforma elettronica, DATAFRIG©. Il Cemafroid è responsabile dello sviluppo e della gestione di questa piattaforma.

A fine 2018, DATAFRIG© conteneva circa 350 000 attrezzature di trasporto refrigerato, di cui 113 684 aventi un certificato ATP valido in data 31 Dicembre 2018 (figura 1).

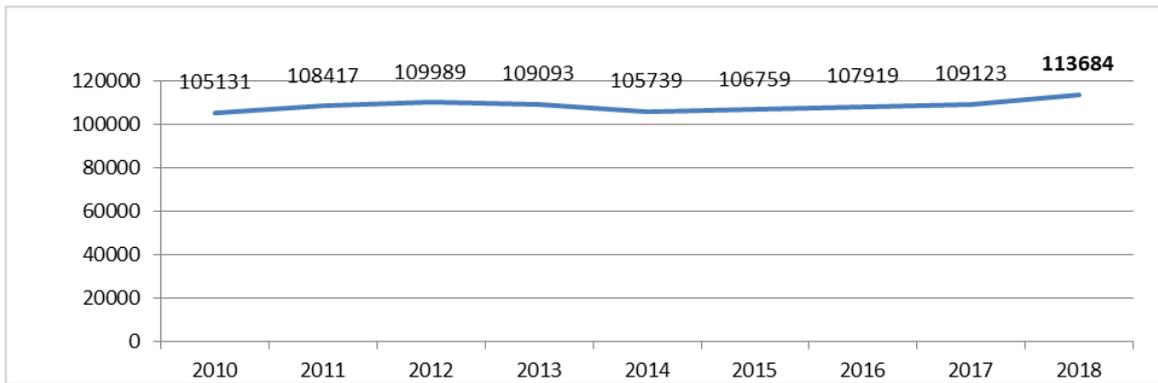


Figura 1: evoluzione del numero di certificati ATP in Francia in corso di validità al 31 dicembre dell'anno

DATAFRIG© è oggi utilizzato per rilasciare certificati di attrezzature in servizio. Per ogni domanda di certificato, la natura dell'F-gas e la sua quantità sono aggiornate.

Soluzioni per la refrigerazione nell'ambito del trasporto refrigerato

Nell'ambito del trasporto refrigerato, la soluzione maggiormente utilizzata per la produzione di freddo è il Sistema a compressione di vapore, sia con piastre o tubi eutettici o più spesso con un evaporatore allagato. L'analisi dei sistemi di refrigerazione che hanno ricevuto un certificato nel 2018 in Francia è presentata in figura 2 e mostra chiaramente la predominanza dei sistemi a compressione di vapore con oltre il 96,6% dei mezzi di trasporto venduti con questo tipo di unità di refrigerazione. La maggior parte di queste hanno utilizzato, fino al 2016, l'R134a o l'R404A, refrigeranti condannati a breve termine nel quadro dell'F-gas. In media in Francia, la carica di refrigerante di un gruppo frigo è di 3,4Kg/unità di refrigerazione, che rappresenta una carica totale per il parco francese di 300 tonnellate di HFC e una carica annuale nelle macchine nuove di circa 33 tonnellate di HFC. Queste Cariche di refrigerante sono molto variabili a seconda che il gruppo frigorifero sia autonomo o non autonomo. Nel caso di gruppo autonomo la carica di refrigerante contenuta è di circa 6 kg mentre un gruppo in un gruppo non autonomo è in media di 1,6 kg [2].

Pochissime soluzioni sono apparse nel frattempo sul mercato. Se le unità di refrigerazione a CO₂ sono testate sul mercato, nessuna di queste è stata ancora commercializzata. La sola alternativa commercializzata a partire dal 2015-2016 prevede l'utilizzo di nuovi HFC, prevalentemente miscele, come l'R452A, il più conosciuto tra queste.

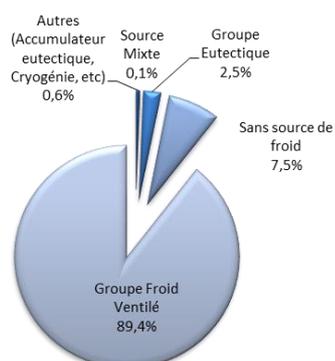


Figura 2: sistemi di refrigerazione che hanno ricevuto un certificato ATP nel 2018, in Francia.

Tuttavia, altre soluzioni si sono sviluppate o ri-sviluppate durante gli ultimi 10 anni come le unità di refrigerazione criogeniche a CO₂ e N₂ di Cryofridge, Thermoking o Air Liquide, o come anche i sistemi ad adsorbimento con ammoniaca di Coldway Technologies. La loro quota di mercato, anche se molto bassa, con meno dell'1%, sta comunque crescendo.

Evoluzione degli F-gas nel trasporto refrigerato dal 2010

F-gas nelle nuove attrezzature utilizzate nell'ambito del trasporto refrigerato

Nel 2015-2016 sono apparse sul mercato nuove versioni delle già esistenti unità di refrigerazione con l'R452A come refrigerante utilizzato al posto dell'R404A. Queste unità sono state testate e hanno mostrato capacità di refrigerazione comparabili con quelle utilizzando l'R404A.

Analizzando i certificati ATP rilasciati in Francia negli ultimi anni, è possibile mettere in evidenza l'evoluzione dell'R452A nel mercato del trasporto refrigerato.

Ogni anno, in media, circa 16 000 certificati sono rilasciati per nuove attrezzature sia per il mercato francese che per l'esportazione. Come mostrato in figura 3, dal 2010 al 2018 si è passati da 14 525 a 19 486 certificati rilasciati in Francia.

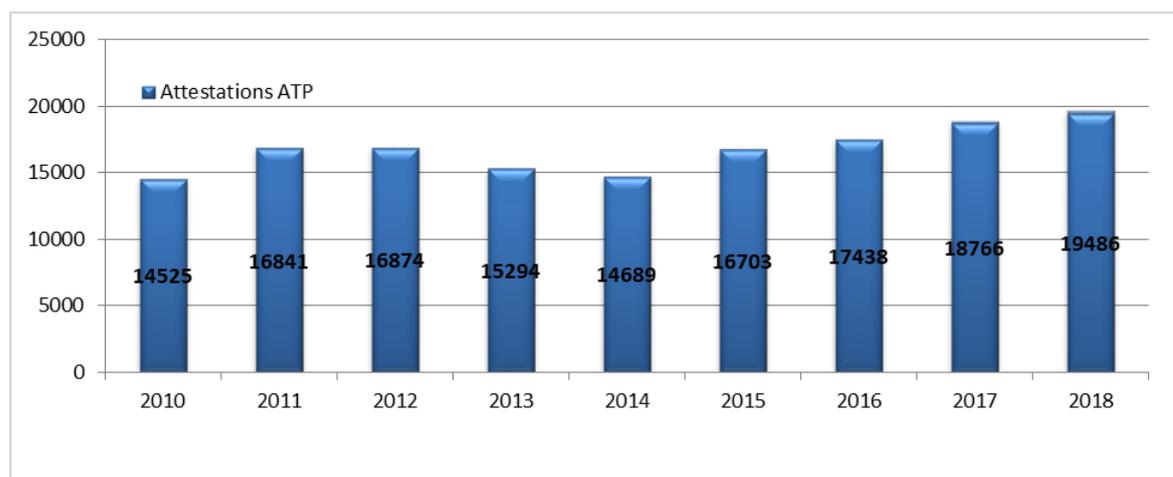


Figure 3: Numero di certificati ATP rilasciati ogni anno

L'analisi dei certificati rilasciati in Francia dal 2010 al 2018 in funzione del tipo di fluido refrigerante è mostrata in figura 4 e in figura 5.

Questa analisi mostra un incremento, fino al 2016 delle attrezzature caricate ad R404A. È evidente che il reale cambiamento si è registrato nel 2018 con il 69% dei nuovi sistemi di refrigerazione caricati con R452A. Tuttavia è possibile notare che il 7% delle unità, nel 2018 era ancora caricato con R404A, una quota ancora molto rilevante a meno di due anni prima del divieto dello stesso refrigerante (R404) sul mercato Europeo.

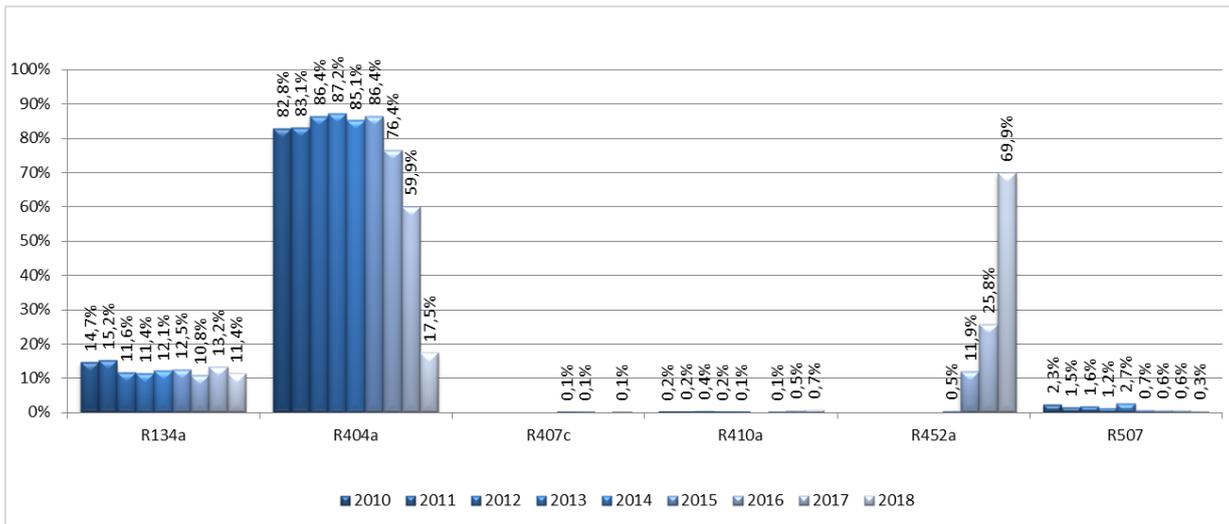


Figura 4: evoluzione degli F-gas nei nuovi sistemi di refrigerazione dal 2010 al 2018 (in percentuale di attrezzature)

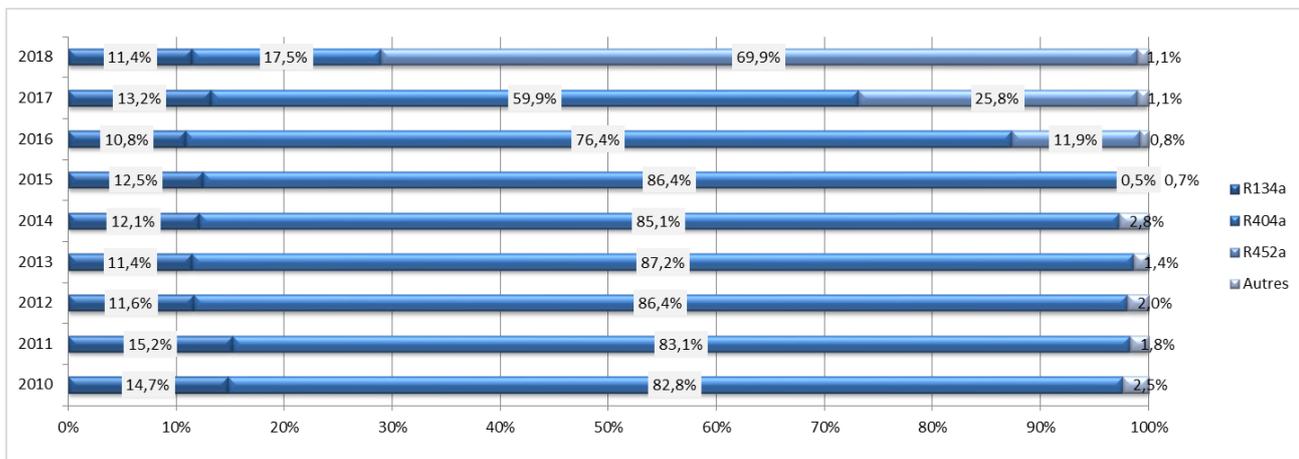


Figura 5: evoluzione degli F-gas nei nuovi sistemi di refrigerazione dal 2010 al 2018 (in percentuale di attrezzature)

Refrigeranti F-gas nei mezzi in servizio per il trasporto refrigerato

Dal 2017 i costruttori di sistemi di refrigerazione hanno proposto il drop-in dell'R404a nelle unità di refrigerazione esistenti. La maggior parte di questi hanno scelto l'R452A per i nuovi sistemi. Tuttavia, altri fluidi refrigeranti come l'R442A o l'R449 sono stati anche proposti come alternativa per il drop-in. I costruttori hanno testato nuovamente i loro sistemi con questi nuovi fluidi e l'ATP è stata aggiornata per permettere il drop-in nei sistemi in servizio e il rilascio del certificato ATP rinnovato a seguito dello stesso drop-in.

L'analisi dei certificati rinnovati per le attrezzature in servizio è mostrata attraverso i grafici di figura 6 e figura 7 e mette in evidenza che, anche se il passaggio dall' R404A all'R452A è stato realizzato per le nuove attrezzature, lo stesso non è accaduto per quelle in servizio. Alla fine del 2018, in Francia, l'87,2 % delle attrezzature in servizio utilizzate per il trasporto refrigerato erano ancora caricate con R404A e l'evoluzione tra il 2017 e il 2018 è stata molto piccola. La quota di mercato dell'R404A è cresciuta fino al 2017 raggiungendo in percentuale l'88,8% della flotta.

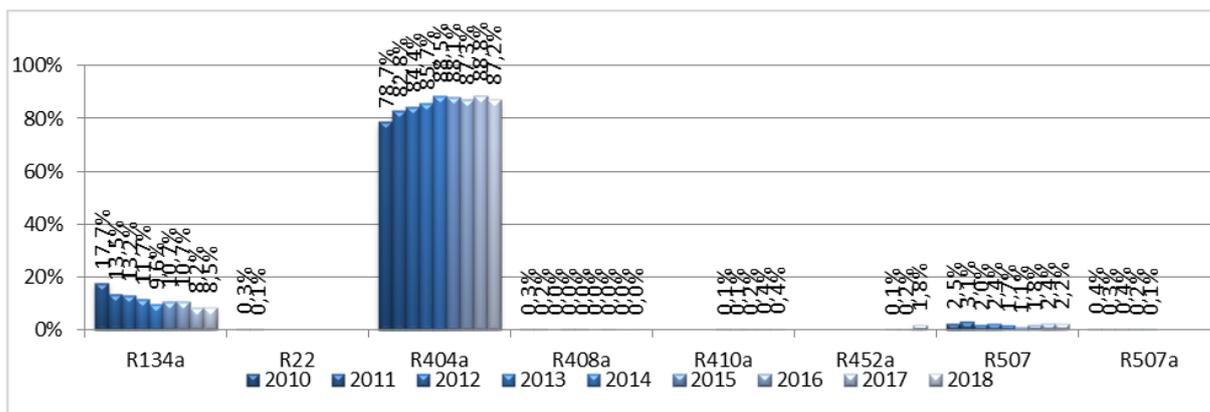


Figura 6: evoluzione degli F-gas nei nuovi sistemi di refrigerazione dal 2010 al 2018 (in percentuale di attrezzature)

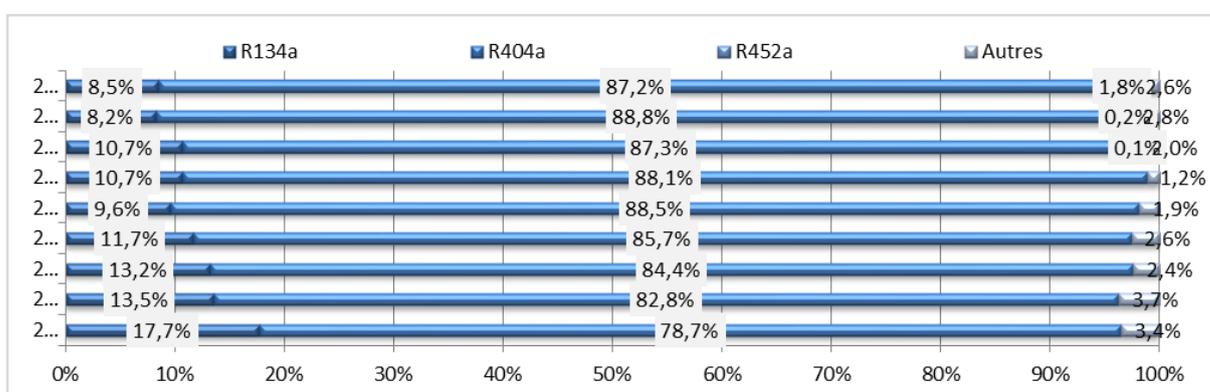


Figura 7: evoluzione degli F-gas nei nuovi sistemi di refrigerazione dal 2010 al 2018 (in percentuale di attrezzature)

Possibili future evoluzioni per il trasporto refrigerato

Soluzioni esistenti

Le nuove soluzioni già presenti sul mercato da qualche anno, certamente continueranno il loro sviluppo. Per quanto riguarda i sistemi a compressione di vapore caricati con R452A, questi rappresenteranno una buona soluzione per i prossimi anni anche se il prezzo dell'R452A ha recentemente raggiunto il prezzo dell'R404A e la sua disponibilità sul mercato diminuirà nel futuro prossimo. Questa, in ogni caso, è ancora l'unica soluzione per i sistemi a compressione dei vapore utilizzati nel contesto del trasporto refrigerato.

Le alternative al Sistema a compressione di vapore come i sistemi a criogenia e ad adsorbimento, pur interessando una nicchia di mercato, si svilupperanno nel futuro imminente. Essi rappresentano, a lungo termine, una soluzione sostenibile che non sarà influenzata dai regolamenti futuri o dalle prossime fasi della regolamentazione attualmente esistente. Se la criogenia è utilizzata principalmente per i mezzi trasporto di grandi dimensioni, semi-rimorchi e veicoli commerciali pesanti, soluzioni come l'adsorbimento sono attualmente dedicate per mezzi di trasporto più piccoli come tricicli, camion, furgoni e veicoli commerciali leggeri.

Soluzioni a breve e medio termine

A breve termine i costruttori dei sistemi a compressione di vapore proporranno alternative all'R452A e altre miscele di HFC, come l'R448A, l'R449A, l'R450A, l'R407A o l'R407H (vedi tabella 1). Le loro performance teoriche sono comparabili a quelle dell'R404A a parità di condizioni operative ma ciascuno di essi presenta delle caratteristiche tecniche da valutare sul terreno per la loro applicazione: la riduzione della capacità di refrigerante e del COP, lo scivolamento della temperatura durante l'evaporazione, l'aumento della temperatura durante la compressione, la compatibilità con gli olii e i materiali lubrificanti, gli effetti del cambiamento di prestazioni in seguito alle perdite dei componenti più volatili, la loro possibile infiammabilità.

L'R-452A rappresenta comunque la possibilità più concreta a breve termine per sostituire l'R404A [3]. Si tratta di una miscela di HFC e di HFO la cui composizione è la seguente: 30% di R1234yf, 59 % di R125 e 11% di R32. È un fluido non infiammabile, appartenente alla categoria di sicurezza A1 della classificazione ASHRAE et il suo GWP è pari a 2141, 45% inferiore a quello dell'R404A (che deve sostituire) ma, soprattutto, inferiore alla soglia fatidica di 2500. Gli altri studi sono stati studiati di meno. Uno studio recente [4], realizzato per un'applicazione diversa da quella del trasporto refrigerato ha messo in evidenza che l'R407H presenta una capacità di refrigerazione del 5% inferiore a quella dell'R404A ma ha un COP superiore dell'8% di quello raggiunto con l'R404A e del 4% se il fluido utilizzato fosse stato l'R452A. Utilizzando l'R407H la temperatura di mandata del compressore è superiore a quella dell'R404A ma in ogni caso inferiore ai valori per le applicazioni prese in considerazione in questo studio.

I refrigeranti naturali sono ancora in fase di sperimentazione: è quanto accade ad esempio con la CO₂ e gli idrocarburi testati da Carrier. Questi rappresentano, infatti ancora una buona potenziale alternativa.

Le Hydro-fluoro-oleine sono, attualmente, anche esse in fase di sperimentazione in un grande numero di applicazioni per la refrigerazione che includono anche i prototipi dei sistemi. È prevedibile che nel futuro più immediato, nuovi fluidi saranno proposti e introdotti sul mercato.

Allo stesso tempo altre tecnologie estenderanno certamente il loro range di applicazioni e vedranno migliorarsi le loro prestazioni.

Fluido refrigerante	T _{critica} (°C)	GWP	ODP	Gruppo di sicurezza ASHRAE
R404A	72,1	3260	0	A1
R134a	101,1	1300	0	A1
R410A	72,5	1730	0	A1
R452A	74,9	2141	0	A1
R448A	83,7	1387	0	A1
R449A	81,5	1397	0	A1
R450A	105,7	601	0	A1
R407F	82,7	1824	0	A1
R407H	86,5	1495	0	A1

Tabella 1: caratteristiche dei principali fluidi utilizzati e sperimentati nel settore del trasporto refrigerato.

Soluzioni a lungo termine

A lungo termine, il trasporto refrigerato cambierà fortemente. Dovrebbe migliorare le sue prestazioni energetiche ma anche adattare le sue fonti energetiche ai nuovi veicoli. Le celle a combustibile, il riutilizzo dell'energia o nuove batterie saranno nuove risorse di energia per le unità di refrigerazione impiegate nel trasporto refrigerato. Lo stoccaggio di freddo attraverso l'adsorbimento si espanderà sul mercato.

Conclusioni

Anche se nuove soluzioni sono apparse sul mercato, la loro evoluzione e il loro sviluppo procede lentamente. Il cambio degli HFC, reso obbligatorio dalla normativa europea è iniziato seriamente nel 2018 e, principalmente, solo per le nuove attrezzature.

Anche se nuove tecniche e nuovi fluidi sono già presenti sul mercato, come l'R452A e l'adsorbimento, queste richiedono del tempo per implementarsi su larga scala.

La strada da percorrere per la trasformazione delle soluzioni impiegate nell'ambito del trasporto refrigerato, in base ai requisiti dell'F-gas, è ancora lunga. La sfida è lanciata e risulta avvincente per le industrie.

Riferimenti bibliografici

1. Cavalier, G., 2016. Le parc français d'engins de transport sous température dirigée en 2015. Revue générale du froid & du conditionnement d'air, juillet–aout 2016.
2. Michineau, T., Cavalier, G., Devin, E., 2014. F-gas in refrigerated transport. Proc. of the 3rd IIR International Conference on Sustainability and the Cold Chain, June 23-25, 2014. London, England.
3. Lasserre, V., Cavalier, G., Michineau, T., Suquet, T., 2015. Quelles solutions de drop-in pour remplacer le R-404a dans le transport? Revue générale du froid & du conditionnement d'air, mars 2015.
4. Tammaro, M., Mastrullo, R., Mauro, A.W., Sfragara, M., 2018. Experimental comparison of cooling capacity and EER in a positive temperature monoblock after replacement of R404A with R407H and soft-optimization of components. Proc. of the 21st International Conference on Cryogenics and Refrigeration, April. 12-14, 2018. Shanghai, China.

