



OPTIONS DE REFROIDISSEMENT: TROUVER L'ÉQUILIBRE ENTRE SÉCURITÉ, PERFORMANCE ET COÛT – RÉFRIGÉRATION COMMERCIALE

RÉFRIGÉRATION COMMERCIALE (40 KW – 150 KW)

Alors que l'Union européenne continue de placer la compétitivité industrielle au cœur de son agenda politique, le rôle des solutions de refroidissement durables n'a jamais été aussi crucial pour les entreprises comme pour les consommateurs. Les hydrofluoroléfines (HFO), une technologie de réfrigérant largement adoptée, se trouvent aujourd'hui au centre d'un possible changement réglementaire.

Un abandon des HFO nécessiterait la disponibilité d'alternatives adéquates. Cependant, les alternatives industrielles actuelles en matière de réfrigération commerciale – notamment le propane, le CO₂ et l'ammoniac – pourraient entraîner une hausse des coûts pour l'industrie en raison de performances moindres, d'une maintenance accrue, d'un rendement énergétique inférieur et du besoin de remises à niveau importantes, les solutions de remplacement immédiates n'étant pas viables. En outre, contrairement à ces alternatives, les HFO sont non toxiques et peu inflammables, ce qui rassure les utilisateurs finaux soucieux de la sécurité.

APPLICATIONS PRINCIPALES



Supermarchés et épiceries: utilisés pour conserver les fruits et légumes, les produits laitiers, la viande et les aliments surgelés pour les consommateurs.



Établissements de santé: Utilisés dans les hôpitaux et les cliniques pour stocker en toute sécurité les médicaments, le sang et les échantillons de laboratoire.



Transformation industrielle: Essentiels dans l'industrie agroalimentaire pour le traitement et la conservation des produits.



Entrepôts Frigorifiques : Conçus pour le stockage à long terme de grandes quantités de denrées périssables.



Bureaux : Contribuent à maintenir un environnement confortable et un contrôle de température précis.



Restaurants et hôtels : Indispensables pour les opérations en cuisine, la conservation des ingrédients et le service aux clients.

HFO VS ALTERNATIVES – RÉFRIGÉRATION COMMERCIALE (40 KW – 150 KW)

Comme le montre le tableau ci-dessous, selon presque tous les critères – de l'efficacité énergétique à la classification des risques et la gestion en fin de vie – les HFO répondent voire dépassent les attentes. Cela démontre clairement l'utilité inégalée des HFO par rapport aux autres alternatives industrielles en matière de réfrigération commerciale.

	HFO et mélanges d'HFO (454C / 455A)	Propane	CO ₂	Ammoniac*
Efficacité énergétique (appareil et système)	454C et 455A comparés au 410- A ¹	Efficacité inférieure (consommant de 5 % à 21 % d'énergie en plus que les mélanges HFO) ¹	Efficacité inférieure (consommant de 8 % à 50 % d'énergie en plus que les mélanges HFO) ¹	N/A
Faisabilité technique du système	Techniquement faisable avec un coût système standard ²	Techniquement faisable, mais coût système plus élevé ³	Techniquement faisable, mais coût initial du système plus élevé ⁴	Techniquement faisable, mais coût système plus élevé ⁵
Classification ASHRAE	A2L ⁷	A3 ⁷	A1 ⁷	B2L ⁷
Classification de danger (CLP)	H280 – Gaz sous pression ⁸ 	H280 – Gaz sous pression ¹⁰ 	H280 – Gaz sous pression ¹¹ 	H280 – Gaz sous pression ¹² H331 – Toxique par inhalation ¹² H314 – Provoque des brûlures graves de la peau / lésions oculaires ¹² H400 – Très toxique pour les organismes aquatiques ¹² H411 – Nocif à long terme pour les organismes aquatiques ^{12,4} 
Produits atmosphériques	TFA, % variable selon les mélanges ¹³	Contribue à l'ozone troposphérique et aux aldéhydes ^{14 15}	Accumulation atmosphérique ¹⁶	Qualité de l'air réduite, particules fines et oxydes d'azote (NOx) ^{17 18}
Gestion de fin de vie	Récupération ou destruction conformément à la réglementation européenne sur les gaz fluorés (art. 8) ¹⁹	Récupération et recyclage pour les systèmes commerciaux ²⁰	Non obligatoire, généralement rejeté dans l'atmosphère ²¹	Obligatoire, toutefois techniquement complexe / coûteux, nécessite une incinération ou un traitement aqueux ²⁰
Disponibilité actuelle du réfrigérant	Acceptable ^{8,9}	Acceptable ¹⁰	Acceptable ¹¹	Acceptable ¹²
Adoption des équipements / systèmes	Large éventail (distribution alimentaire, restauration, groupes froids, centres de données) ²³	Applications plus petites (charge limitée ou système en cascade) ²³	Systèmes hybrides (entrepôts frigorifiques, supermarchés, centres de données) ²³	Commercial (cascade avec CO ₂ – climats chauds >38 °C), industriel ^{23, 24}
Période d'amortissement / Retour sur investissement (ROI)	Base de référence présumée ^{2, 22}	Augmentée (compresseurs multiples, détection de fuites / alarmes supplémentaires) ³	Augmentée (électronique sur mesure, composants / logiciels supplémentaires) ⁴	Augmentée (coûts initiaux plus élevés, augmentation nette des coûts sur 20 ans)
Développement futur **	Permet le développement de turbocompresseurs de nouvelle génération à haute efficacité ²⁵	Permet le développement de turbocompresseurs de nouvelle génération à haute efficacité – avec une disponibilité encore limitée à ce jour ²⁵	Incompatible avec les turbocompresseurs, nécessite des lubrifiants ²⁵	Incompatible avec les turbocompresseurs, limitations liées aux matériaux ²⁵

* Applications de niche dans le secteur commercial

** La réfrigération par turbocompresseur utilise des compresseurs centrifuges à grande vitesse pour comprimer et refroidir les réfrigérants, permettant un contrôle thermique efficace pour des applications industrielles et commerciales à grande échelle, telles que la climatisation ou le refroidissement des procédés.

Désignations ASHRAE et classifications de sécurité des réfrigérants¹

		GROUPE DE SÉCURITÉ	
INFLAMMABILITÉ CROISSANTE	Inflammabilité élevée	A3	B3
	Inflammabilité faible	A2	B2
		A2L ²	B2L ²
	Aucune propagation de flamme	A1	B1
		Classification de risque inférieure	Classification de danger supérieure
		CERTIFICATION DES RISQUES CROISSANTS	

1

ASHRAE [https://www.ashrae.org/file%20library/technical%20resources/refrigeration/unep---ashrae-factsheet--english---- april2023.pdf](https://www.ashrae.org/file%20library/technical%20resources/refrigeration/unep---ashrae-factsheet--english----%20april2023.pdf)

2

Les réfrigérants A2L et B2L sont des réfrigérants à faible inflammabilité, avec une vitesse maximale de combustion inférieure à 3,9 pouces/seconde (10 cm/s).

LES RÉFÉRENCES EN RÉFRIGÉRATION COMMERCIALE :

1. Oak Ridge National Laboratory (2023). Technology Option for Low Environmental Impact Air-Conditioning and Refrigeration Systems. Pub200582.pdf (ornl.gov)
2. Carrier (2019). Case Study: Gatwick Airport Ultra Low GWP. Case study - Gatwick Airport Ultra Low GWP | Carrier Europe
3. Climate & Clean Air Coalition (2016). Lower-GWP Alternatives in Commercial and Transport Refrigeration: An expanded compilation of propane, CO₂, ammonia and HFO case studies (pg 56-58). Climate and Clean Air Coalition (CCAC)
4. Climate & Clean Air Coalition (2016). Lower-GWP Alternatives in Commercial and Transport Refrigeration: An expanded compilation of propane, CO₂, ammonia and HFO case studies (pg 70-73). Climate and Clean Air Coalition (CCAC)
5. Climate & Clean Air Coalition (2016). Lower-GWP Alternatives in Commercial and Transport Refrigeration: An expanded compilation of propane, CO₂, ammonia and HFO case studies (pg 20-23). Climate and Clean Air Coalition (CCAC)
6. Climate & Clean Air Coalition (2016). Lower-GWP Alternatives in Commercial and Transport Refrigeration: An expanded compilation of propane, CO₂, ammonia and HFO case studies (pg 52-55). Climate and Clean Air Coalition (CCAC)
7. American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. (2022). ANSI/ASHRAE Standard 34-2022: Designation and Safety Classification of Refrigerant. (ASHRAE)
8. Safety Data Sheets – 454C and 455A
9. European Chemical Agency (ECHA) (2025). REACH Registration Dossier – 1234ze
10. European Chemical Agency (ECHA) (2025). REACH Registration Dossier – Propane
11. European Chemical Agency (ECHA) (2025). REACH Registration Dossier – Carbon Dioxide
12. European Chemical Agency (ECHA) (2025). REACH Registration Dossier – Ammonia, *Harmful to aquatic life with lasting effects
13. United Nations Environment Programme (UNEP). (2022). Montreal Protocol on Substances that Deplete the Ozone Layer: 2022 Assessment Report of the Environmental Effects Assessment Panel. Nairobi, Kenya: UNEP. (ISBN: 978-9914-733-91-4), Fig 12.
14. Rosado-Reyes, C. M. and J. S. Francisco (2007). "Atmospheric oxidation pathways of propane and its by-products: Acetone, acetaldehyde, and propionaldehyde." J.Geophysic.Res. Atmo. 112(D14). <https://doi.org/10.1029/2006JD007566>
15. Huo, Erguang et al. (2022). The combustion mechanism of leaking propane (R290) in O₂ and O₂/H₂O environments: ReaxFF molecular dynamics and density functional theory study. <https://doi.org/10.1016/j.psep.2022.03.080>
16. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) Sixth Assessment Report (2023), Frequently Asked Questions (FAQ) 5.1, 5.3. IPCC_AR6_WGI_FAQ_Chapter_05.pdf
17. Li et al (2020). Human Ammonia Emission Rates under Various Indoor Environmental Conditions. Human Ammonia Emission Rates under Various Indoor Environmental Conditions (acs.org)
18. Jan Willem Erisman (2021). How ammonia feeds and pollutes the world. Science (374),685-686. <https://doi.org/10.1126/science.abm3492>.
19. Regulation 2024/573/EU of the European Parliament and of the Council on fluorinated greenhouse gases (2024), OJ 20.2.2024,(Article 8) L_202400573EN.000101.fmx.xml
20. Association of European Refrigeration Component Manufacturers (ASERCOM) (2019). Guideline: Safety Standards and Components for flammable refrigerants. English_SafetyStandardsandComponentsforFlammableRefrigerants.pdf
21. Commercial CO₂ Product Guide (Emerson, pg 10) (2021). CO₂ product guide
22. Climate & Clean Air Coalition (2014). Low-GWP Alternatives in Commercial Refrigeration: Propane, CO₂, and HFO case studies. Low-GWP_Alternatives_in_Commercial_Refrigeration-Case_Studies-Final.pdf (pg 27).
23. Nordic Council of Ministers (2024). End-of-life treatment of Hydrofluoroole-fins (HFOs). End-of-life treatment of Hydrofluoroolefins (HFOs).
24. Climate & Clean Air Coalition (2016). Lower-GWP Alternatives in Commercial and Transport Refrigeration: An expanded compilation of propane, CO₂, ammonia and HFO case studies (pg 16-19). Climate and Clean Air Coalition (CCAC)
25. El Samad, T., et al. (2024). "A review of compressors for high temperature heat pumps." Thermal Sci & Engineering Prog. 51: 102603. <https://doi.org/10.1016/j.tsep.2024.102603>