

FLUIDES FRIGORIGÈNES & SECTEUR DE LA DISTRIBUTION

ARBRES DE DÉCISIONS 

ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Énergie

Entreprises

CONNAÎTRE POUR AGIR



Table des matières

p.3	Contexte et objectifs
p.4	Informations relatives aux installations frigorifiques et aux solutions alternatives aux HCFC/HFC
p.4	Informations générales
p.5	Les fluides alternatifs
p.6	Vision en coût global
p.6	Paramètres d'une vision en coût global
p.6	Critères d'efficacité énergétique
p.7	Qualité des meubles
p.7	Qualité de la maintenance
p.8	Types de fluides
p.8	Contrôle des paramètres
p.8	Autres facteurs de choix important
p.9	Arbre de décision
p.10-11	Supérette
p.12-13	Supermarché & hypermarché
p.14-15	Entrepôt
p.16	Glossaire

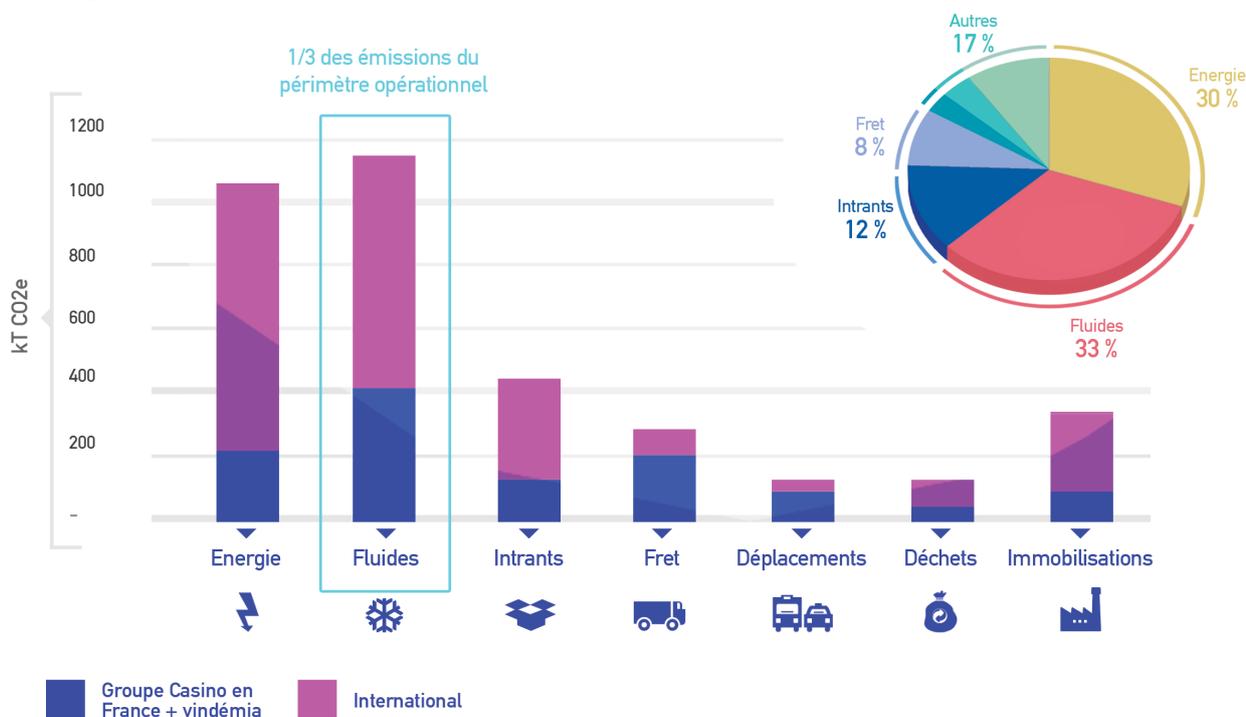
NOTA : Etude réalisée par Carbone 4, pour le compte du Groupe CASINO, avec le soutien financier de l'ADEME (contrat réf 1481C0017)



Contexte et objectifs

Dans la grande distribution les fuites de fluides frigorigènes peuvent représenter une part significative du périmètre opérationnel du bilan GES.

Le groupe Casino a réalisé son Bilan Carbone en 2012 et 2013.



Cela lui a permis d'identifier les postes d'actions prioritaires afin de réduire ses émissions de gaz à effet de serre, dont les fuites de fluides frigorigènes.

Une étude spécifique pour définir la politique du groupe en matière de fluide frigorigène a donc été initiée en 2014. Cette étude a bénéficié d'un financement de l'ADEME.

Objectifs de ce guide

L'objectif de ce guide est d'exposer de manière claire et pédagogique une méthodologie de décision concernant les fluides frigorigènes dans le secteur de la distribution.

Il ne s'agit pas d'un guide technique permettant un dimensionnement ou un chiffrage d'installation, mais plutôt d'un guide rassemblant les informations à prendre en compte pour effectuer des choix éclairés lors de l'achat d'installations frigorifiques ou de contrats de maintenance, dans un secteur qui connaît une rapide évolution.

Remarque importante : ce guide a été réalisé par Carbone 4 à la demande du groupe Casino. Les informations présentées sont le fruit des échanges et des recherches menés en 2014 à la fois au sein du groupe, et en dehors (frigoristes, associations environnementales, distributeurs, institutions, etc.). La littérature sur le sujet évolue rapidement, au rythme des évolutions de ce secteur. Ainsi les conclusions rassemblées dans ce document peuvent être amenées à évoluer rapidement dans les années à venir. Ce document est destiné à donner des pistes d'alternatives possibles pour le froid commercial, à partir de résultats d'études. Les informations fournies ne sont pas exhaustives. Cette brochure est à caractère informatif et ne se substitue pas aux textes réglementaires et normatifs en vigueur.

Le document se situe sur un périmètre monde ce qui explique la référence aux HCFC.



Informations générales

On distingue deux usages du froid dans le secteur de la distribution :

- le froid « alimentaire » : le but est de garder les aliments frais ou congelés
- le froid de « confort » : les climatisations

Nous nous concentrerons ici sur le froid alimentaire.

Dans un magasin ou un entrepôt, le froid alimentaire peut être produit de deux façons :

📍 **Centrale frigorifique** : le froid est produit de façon centralisée, puis il est distribué vers les étalages de produits frais ou congelés via un réseau de canalisations.



Exemple de centrale frigorifique utilisée en grandes et moyennes surfaces (GMS)

Les hypermarchés et les supermarchés disposent d'une salle de machines où deux séries de centrales frigorifiques fonctionnent, l'une entre -10 et -15°C pour la conservation des produits frais (on parle alors de froid positif, car les aliments sont conservés dans les meubles à une température supérieure à 0°C) et l'autre aux environs de -35 à -38°C pour les produits surgelés (on parle alors de froid négatif, les aliments étant conservés à une température inférieure à 0°C). Il est à noter

que 80 % de la puissance frigorifique et 75 % des charges de fluides se trouvent dans les centrales dites de froid positif (-10 à -15°C). Un réseau de froid peut fonctionner avec un système direct ou bien indirect :

- **Un système direct** consiste à faire circuler le fluide frigorigène dans tout le magasin, là où il y en a besoin. Le fluide alimente directement les étalages de produits frais ou surgelés, sans intermédiaire.

- **Un système indirect** consiste à transmettre le froid porté par le fluide frigorigène à un réseau secondaire contenant un fluide appelé fluide frigoporteur (ex : eau glycolée) qui n'a pas d'impact climatique (PRG nul). C'est ce deuxième réseau qui va alimenter en froid les différents meubles de présentation. L'intérêt est de minimiser la charge de fluide frigorigène et d'en limiter la présence en salle des machines uniquement, et non plus dans le magasin entier.

Dans un entrepôt, le principe est le même, mais les puissances installées sont plus élevées.

📍 **Meuble autonome** : le meuble produit lui-même son froid de manière indépendante. Il n'est pas relié à une centrale frigorifique.

📍 **Meuble déporté** : le meuble produit lui-même son froid de manière indépendante, mais les condenseurs sont à l'extérieur du magasin, relié par des canalisations jusqu'au meuble. Ceci a pour but d'évacuer la chaleur à l'extérieur du magasin.

Les fluides alternatifs

Plusieurs fluides émergent (ou sont remis au goût du jour) pour proposer des alternatives aux fluides halogénés (HCFC & HFC) :

	L'ammoniac (R-717)	Le CO ₂ (R-744)	Les hydrocarbures (HC)	Les HFC insaturés (HFO)	Les HFC à PRG < 750	Les mélanges HFO et HFC
PRG	0	1	2 à 5	4 à 6	170 à 716	200 à 1600
COÛT	5 €/kg	3 à 5 €/kg	8 à 10 €/kg	30 à 40 €/kg	10 à 15 €/kg	?

PRG et coût des différentes familles de fluides frigorigènes¹

📍 **L'ammoniac**, déjà utilisé il y a longtemps, fait son retour dans les entrepôts de stockage. Le faible coût du fluide, la technologie éprouvée et son absence d'impact climatique favorisent son utilisation. Cependant sa toxicité élevée cantonne son retour dans les entrepôts où le public est absent et la maintenance des installations plus importante.

📍 **Le CO₂**, lui aussi connu depuis longtemps fait également son retour. Plusieurs configurations sont possibles :

- **Le CO₂ subcritique** fonctionne selon le même principe que les HFC ou HCFC mais à des pressions plus élevées. Il est souvent utilisé dans des installations hybrides HFC/CO₂ : le CO₂ est utilisé pour la centrale de froid négatif, couplé avec une centrale de froid positif utilisant un HFC (ex. : R134a). Bien que réduisant grandement la quantité de fluide HFC utilisé, les systèmes hybrides ne constituent qu'une solution transitoire vis à vis des réglementations limitant l'usage des HFC. On compte à ce jour plus de 1 000 magasins au CO₂ en Europe, en particulier en Suisse où ils s'agit du fluide le plus couramment utilisé, et en Europe du nord. C'est également un marché en forte croissance, avec 117 % de croissance en 2 ans².

- **Le CO₂ transcritique** fonctionne à des pressions encore plus élevées, au delà du point critique³ (qui est de 31°C pour le CO₂). Cette technologie connaît un réel essor en Europe où les installations et les compétences se diffusent rapidement. On compte déjà en Europe plus de 1300 installations au CO₂

transcritique⁴, notamment au Danemark où les deux tiers des supermarchés sont déjà passés au CO₂ transcritique. Comme pour le CO₂ subcritique, des gains énergétiques sont souvent annoncés⁴ (mais les performances énergétiques sont variables selon les climats⁵). La technologie a d'abord été développée en Europe du Nord, mais on trouve aujourd'hui des installations jusqu'en Italie. Cependant, ces gains énergétiques sont à prendre avec précautions, car ils ne sont pas issus de publications scientifiques indépendantes mais bel et bien de constructeurs mettant en avant leurs produits, ou d'utilisateurs faisant la promotion de leur politique de rénovation.

📍 **Les hydrocarbures** connaissent aussi un renouveau, avec une augmentation de 100 % des volumes mis sur le marché sur la période 2008-2010⁴, mais sont contraints à des faibles volumes d'usages dans les Etablissements Recevant du Public (ERP)⁶ pour des raisons de sécurité (inflammable). Ils peuvent cependant représenter des solutions intéressantes pour les petites surfaces ou pour les groupes logés (petits volumes).

📍 **Les HFO (ou hydro-fluoro-oléfines)** constituent un groupe de fluides à faibles impacts sur le climat comme les hydrocarbures, mais avec un coût plus élevé et des risques à long terme pour l'environnement (leur dégradation peut créer des acides TFA (tri-fluoro-acétique)).

📍 **Les HFC à PRG < 750 et les mélanges HFO/HFC** ont un impact moindre que les HFC, mais bien supérieur aux autres alternatives présentées ci-dessus.

¹ Source : Alternatives aux HFC à fort GWP dans les applications de réfrigération et de climatisation – EreIE, Cemafrroid, ARMINES CES – Novembre 2013 / ² Source : Natural refrigerants market growth for Europe – Guide Shecco publications / ³ Point critique : Etat d'un fluide à des conditions de pression et de température très élevées, où la distinction entre gaz et liquide n'est plus possible. / ⁴ Voir par exemple le rapport « Chilling Facts V » de l'EIA ou les présentations du « Retail refrigeration summit », du Consumer good forum, en juin 2013 / ⁵ Voir également les présentations du « Retail refrigeration summit » sur l'impact du climat sur les solutions de froid au CO₂. / ⁶ ERP : Etablissement Recevant du Public

Vision en coût global

La vision en coût global permet de prendre une décision d'achat en prenant en compte l'ensemble des coûts sur la durée de vie d'un appareil.

Concernant les installations frigorifiques, le coût d'achat n'est pas le seul poste de dépense. D'autres paramètres peuvent être aussi importants et sont à considérer :

- La consommation d'énergie et le coût associé
- Le coût du fluide pour compenser les fuites
- Le coût de la maintenance
- D'éventuelles taxes

Paramètres d'une vision en coût global

Le coût de l'énergie liée à l'usage du froid est significatif dans un magasin de distribution. Un surcoût initial à l'investissement peut donc être compensé (au moins en partie) par une consommation d'énergie moindre sur la durée de vie de l'installation.

Le coût du fluide varie beaucoup d'un fluide à un autre. Pour les fluides amenés à disparaître à cause de la réglementation, le prix pourrait monter rapidement en raison d'une pénurie de l'offre imposée par des quotas de mise en vente. Le CO₂, l'ammoniac ou les hydrocarbures ont aujourd'hui un coût bien moins élevé que les fluides halogénés.

La maintenance est aussi un poste de dépense important, mais son niveau conditionne les performances des installations, et donc les coûts liés aux fuites et aux dépenses énergétiques.

Des taxes sur les émissions de CO₂ ou plus directement sur l'utilisation des fluides frigorigènes existent dans plusieurs pays européens.

Recommandations : nous préconisons aux acheteurs de demander systématiquement, dans les cahiers des charges des appels d'offres ou des devis, une étude en coût global des solutions proposées.

Les critères d'efficacité énergétique

La consommation d'électricité des installations de froid est un poste majeur dans la consommation d'un magasin (environ 30 à 40 % de la consommation d'électricité d'un supermarché, et jusqu'à 70 % dans une supérette⁷).

Lors de la conception, la rénovation ou la maintenance d'une installation, il est donc important de prendre en compte les facteurs qui influent sur cette consommation.

Au delà des caractéristiques techniques propres à chaque installation, voici une liste des principaux facteurs qui peuvent jouer sur l'efficacité énergétique des installations de froid :

- Qualité des meubles
- Qualité de la maintenance
- Type de fluides
- Contrôles des paramètres

⁷ Source : Ademe 2003 – Fiche OX « optimisation des installations de froid alimentaire commercial »



Qualité des meubles

📍 La qualité de conception d'un meuble frigorifique est primordiale. En effet, une machine mal conçue risque par exemple de mal assurer le flux d'air frais à l'entrée du meuble censé protéger les produits à l'intérieur. Cela va engendrer une surconsommation du meuble, et entraîner des givrages plus fréquents.

📍 L'installation de portes sur les réfrigérateurs est la mesure la plus efficace pour réduire les coûts d'énergie liés à la réfrigération commerciale. Le retour sur investissement est de quelques mois seulement grâce à la forte baisse de la consommation d'énergie.

Une convention d'engagement volontaire a été signée en 2012 par les plus grands détaillants français, par le MEDDE et la Fédération du Commerce et de la Distribution (FCD). Dans cette convention, les enseignes de la distribution alimentaire s'engagent à fermer, d'ici à 2020, 75 % des meubles frigorifiques destinés aux produits frais⁸.

Surface du supermarché m ²	Economies annuelles liées à l'installation de porte	
	kWh	€
18 000	4 500 000	300 000
2 500	800 000	60 000
2 500	700 000	50 000

Economies d'énergie et financières annuelle potentielles de l'installation de portes sur les réfrigérateurs d'un supermarché⁹.

Qualité de la maintenance

La maintenance des installations frigorifiques d'un magasin est essentielle pour maintenir l'efficacité énergétique au cours des années. Des dérives peuvent apparaître au niveau des réglages

des installations (température et pression de consignes) induisant une baisse d'efficacité.

En particulier, les fuites de fluides réduisent grandement les performances des appareils, en plus d'impacter l'environnement.

Les principaux contrats entre les prestataires de maintenances et les magasins sont de trois types, du plus simple au plus complet :

- **Contrat type P1** : il s'agit du contrat minimum, comprenant les deux visites réglementaires annuelles avec recherche de fuites de fluide frigorigène
- **Contrat type P2** : P1 + dépannage en cas de problème et recharges de fluide (à la charge du prestataire)
- **Contrat type P3** : P2 + achat des pièces nécessaires à la maintenance par le prestataire

Il a été constaté que même lorsque le prestataire est responsable de l'achat des fluides pour compenser les fuites, les niveaux moyens de fuites ne baissent pas toujours. En effet, beaucoup de prestataires préfèrent équilibrer leurs budgets sur un parc de magasins dont ils assurent la maintenance plutôt que de rechercher systématiquement l'origine des fuites sur chaque magasin. De leur côté, les distributeurs ne suivent pas toujours avec précision les fuites de leurs parcs et ne demandent ainsi pas particulièrement d'effort aux prestataires sur ce sujet.

C'est pourquoi il est aujourd'hui important, en plus d'un reporting précis sur les installations de froid, de réfléchir à de nouveaux modes contractuels permettant d'intéresser les prestataires à la réduction du taux de fuite moyen du parc. Plusieurs solutions sont possibles :

- Inclure dans les contrats un engagement sur un taux de fuite à ne pas dépasser ;
- Développer le dialogue, sans forcément entrer dans une relation purement contractuelle, afin de s'assurer d'une réduction des taux de fuites : faire comprendre aux prestataires les enjeux, et comprendre les freins existants du côté des prestataires.
- Demander l'installation d'équipement d'alerte en cas de fuite, permettant aux prestataires d'agir rapidement, même en cas de fuite mineure et ainsi de limiter les fuites.

⁸ Voir : <http://www.developpement-durable.gouv.fr/Efficacite-energetique-la,26087.html> / ⁹ Source : Chilling Facts V - EIA, d'après Données PERIFEM et Ademe 2008

Types de fluides

Du fait de la grande variabilité des paramètres à prendre en compte d'un magasin à un autre, il n'est pas possible de donner un gain énergétique moyen par type de fluides alternatifs.

Les nouvelles technologies liées à ces fluides sont d'abord apparues dans les pays d'Europe du Nord, du fait d'une réglementation plus stricte dans ces pays. Les solutions ont d'abord été conçues pour les climats froids de cette région, laissant ainsi penser pendant un certain temps que ces technologies seraient moins viables pour des climats plus tempérés.

C'est aujourd'hui de moins en moins vrai, car les solutions s'exportent et s'adaptent aux conditions climatiques locales. On trouve par exemple aujourd'hui des installations au CO₂ transcritique en Italie.

La question des compétences nécessaires est également souvent considéré comme un frein : les niveaux de pression des installations imposent en effet un savoir faire propre à ces technologies. Mais de la même façon que les technologies s'exportent, les compétences font de même.

Contrôle des paramètres

En plus de la maintenance nécessaire, des équipements peuvent aider à améliorer les performances des installations.

Niveau de fuites

De nombreuses méthodes existent pour détecter la fuite lors d'un contrôle de maintenance.

Il existe aussi des solutions « passives » qui permettent une surveillance permanente des installations (mais qui ne se substituent pas aux visites de contrôle réglementaire).

Parmi ces solutions passives, on peut citer :

- **Le détecteur d'ambiance** : détecte la présence d'un gaz frigorigène dans l'air ambiant. Ce dispositif est utile dans la salle des machines. En cas de fuite détectée une alerte est envoyée aux équipes en charge de la maintenance. La

fuite peut ainsi être prise en charge rapidement.

- **Le détecteur de niveau** : la quantité de fluide est contrôlée dans un réservoir contenant le fluide. Si cette quantité diminue, c'est qu'il y a une fuite.

Pression flottante

Des systèmes permettent de faire varier les paramètres de haute pression (au niveau du condenseur) et de basse pression (au niveau de l'évaporateur) en fonction de la température extérieure ou des besoins en froid du magasin, afin de diminuer la consommation d'énergie.

On parle de pression « flottante » car le système de régulation va faire varier automatiquement les valeurs de pressions.

Variateur de vitesse

Un variateur de vitesse est un dispositif permettant de faire varier la vitesse de fonctionnement du compresseur en fonction des besoins de froid du magasin. On économise ainsi de l'énergie et on préserve mieux les compresseurs.

Autres facteurs de choix important

Place disponible

La place est parfois un paramètre critique dans les choix des installations, en particulier dans les magasins de proximité où il n'est souvent pas possible d'utiliser une centrale frigorifique.

Dégagement de chaleur (proximité)

Avec une centrale frigorifique, la chaleur est évacuée à l'extérieur du magasin. Mais avec un meuble autonome (à groupe logé), le système frigorifique étant logé directement sous le meuble, la chaleur extraite de l'intérieur du meuble est évacuée dans le magasin.

Pour en savoir plus sur le froid alimentaire commercial, consultez : www.ademe.fr, rubrique **Froid alimentaire commercial**



➤ ARBRES DE DÉCISIONS

Les arbres de décisions suivants ont pour but d'accompagner les acteurs de la grande distribution dans leurs choix en matière d'équipements frigorifiques de nouvelle génération.

Pour les différents types bâtiments et selon le type d'installation, les arbres de décision vous proposeront les différentes alternatives possibles avec des indications sur le risque d'obsolescence réglementaire, ainsi que sur l'impact environnemental.

Superette

Type de magasin	Type d'installation	Alternatives	
SUPÉRETTE	Groupe hermétique pour meuble frigorifique de vente (groupe à meuble logé)	Situation de référence : fluide HCFC <i>Gaz interdit en Europe au 1^{er} janvier 2015</i>	Groupe hermétique HFC
		Situation de référence : fluide HFC	Groupe hermétique propane (froid négatif) et HFC (froid positif)
			Groupe déporté propane (froid négatif) et HFC (froid positif), relié à une boucle d'eau
			Groupe déporté HFC + boucle d'eau
	Groupe hermétique pour meuble frigorifique de vente (groupe à meuble déporté)	Situation de référence : fluide HCFC <i>Gaz interdit en Europe au 1^{er} janvier 2015</i>	Groupe hermétique propane (froid négatif) et HFC (froid positif)
		Situation de référence : fluide HFC	Groupe déporté propane (froid négatif) et HFC (froid positif), relié à une boucle d'eau
			Groupe déporté HFC + boucle d'eau
			Drop in mélange à PRG < ,700
			Drop in HFO : R1234yf ou R1234ze
			Retrofit groupe déporté R404A
			Groupe déporté propane (froid négatif) et HFC (froid positif), relié à une boucle d'eau
			Groupe déporté HFC, + boucle d'eau
		Drop in mélange à PRG 300	
		Drop in mélange HFC/HFO à PRG 500	
		Groupe déporté propane (froid négatif) et HFC (froid positif), relié à une boucle d'eau	
		Groupe déporté HFC + boucle d'eau	
		Drop in mélange à PRG 300	
		Drop in mélange HFC/HFO à PRG 500	

LÉGENDE

Alternatives



Solution existante Solution en développement

Impact environnemental



Très faible Faible Moyen

Réglementations



Risque d'obsolescence vis à vis de la F-gas

Fluide naturel (pas de risque d'obsolescence)

Alternative	Description	Points clés	Environnement	Réglementation	Sécurité
Groupe hermétique autonome HFC	Meubles autonomes fonctionnant avec un HFC	Faibles charges	Les meubles autonomes sont chargés en usines, ce qui minimise le risque de fuite	Retrait des HCFC, mais risque d'obsolescence par rapport au règlement F-gas	
Groupe hermétique autonome propane (froid négatif) et HFC (froid positif)	Meubles autonomes fonctionnant au propane (hydrocarbure) pour le froid négatif et avec un HFC pour le froid positifs	Réduction de coût et utilisation d'un fluide naturel	Propane : 40 % de réduction de charge vs. R-134a Les meubles autonomes sont chargés en usines, ce qui minimise le risque de fuite	Propane : limité à de faibles capacités (1,5kg max) pour des raisons d'inflammabilité. HFC : risque d'obsolescence par rapport à la réglementation	Propane non toxique et inflammable
Groupe hermétique autonome propane (froid négatif) et HFC (froid positif) + boucle d'eau	Idem que ci-dessus, avec en plus un réseau d'eau permettant d'évacuer à l'extérieur du magasin la chaleur générée par la machine	Permet d'éviter le dégagement de chaleur dans le magasin (confort clientèle)			
Groupe hermétique autonome HFC + boucle d'eau	Idem que ci-dessus, mais avec uniquement des meubles fonctionnant avec des HFC		Diminution de charge par rapport à une centrale classique	HFC : risque d'obsolescence par rapport à la réglementation	
Drop-in mélange PRG < 700	Remplacement du gaz contenu dans le meuble par un mélange de gaz HFC et HFO		PRG moyen		
Drop in HFO : R1234yf ou R1234ze	Remplacement du gaz contenu dans le meuble par un gaz HFO	Drop-in : pas de changement d'installation (en cours de développement)	PRG très bas, mais impacts de la production des HFO critiqués	?	Non toxique et inflammabilité faible à modérée
Drop-in mélange PRG à 300	Remplacement du fluide de la centrale par un mélange HFC et HFO		PRG moyen mais impacts de la production des HFO critiqués		
Drop-in mélange PRG à 500					

Supermarché & hypermarché

Type de magasin	Type d'installation	Alternatives		
SUPERMARCHÉ & HYPERMARCHÉ	Système centralisé à détente directe en froid positif et négatif	Situation de référence : fluide HCFC <i>Gaz interdit en Europe au 1^{er} janvier 2015</i>	Retrofit HFC : R404A ou R507A  Cascade R134a/CO ₂ convertissable en R1234yf/CO ₂ possible   CO ₂ transcritique  Retrofit R407A/F 	
		Situation de référence : fluide HFC	Cascade R134a/CO ₂ convertissable en R1234yf/CO ₂ possible   CO ₂ transcritique  Retrofit R407A/F  Drop in mélange à PRG 300 Drop in mélange à PRG 500	
			Situation de référence : fluide HCFC <i>Gaz interdit en Europe au 1^{er} janvier 2015</i>	Retrofit HFC : R404A ou R507A  Cascade R134a/CO ₂ convertissable en R1234yf/CO ₂ possible   CO ₂ transcritique  Retrofit R407A/F  Drop in mélange à PRG 300 Drop in mélange à PRG 500
				Situation de référence : fluide HFC

LÉGENDE

Alternatives



Solution existante Solution en développement

Impact environnemental



Très faible Faible Moyen

Réglementations



 Risque d'obsolescence vis à vis de la F-gas

 Fluide naturel (pas de risque d'obsolescence)

Alternative	Description	Points clés	Environnement	Réglementation	Sécurité
Retrofit HFC	Remplacement du fluide HCFC de la centrale par un HFC	Solution simple de remplacement des HCFC	PRG élevé supérieur à 3500	Retrait des HFCF, mais non pérenne vis à vis du règlement F-gas : alternative non recommandée	
Cascade R134a/CO ₂	Centrale de froid positif et négatif, fonctionnement en cascade entre les deux types de froids, avec le CO ₂ pour le froid négatif et le R134a pour le froid positif	Solution plus chère mais diminution des charges de HFC	PRG CO ₂ = 1	Pour la partie CO ₂ : pérenne vis à vis du règlement F-gas	
CO ₂ Transcritique	Centrale de froid positif et négatif fonctionnant au CO ₂ transcritique	Solution plus chère mais pérenne. Nécessite formation	Fluide 100% naturel à PRG = 1	Pérenne vis à vis du règlement F-gas	
Retrofit R407A/F	Remplacement du fluide de la centrale par du R407A/F	Solution simple mais non pérenne	PRG élevé mais inférieur à 2500	Pérenne vis à vis du règlement F-gas actuel, mais risque d'obsolescence réglementaire à moyen terme	
Drop-in mélange à PRG 300	Remplacement du fluide de la centrale par un mélange HFC et HFO	(en cours de développement)	PRG moyen ; mais impacts de la production des HFO critiqués	?	non toxique et inflammabilité faible à modérée
Drop-in mélange à PRG 500					

Entrepôt

Type de magasin	Type d'installation		Alternatives
ENTREPÔT	Système centralisé à détente directe froid positif et négatif	Situation de référence : fluide HCFC <i>Gaz interdit en Europe au 1^{er} janvier 2015</i>	Retrofit HFC : R404
		Situation de référence : fluide HFC	Cascade Ammoniac/CO ₂
	Cascade R134a/CO ₂ convertissable en R1234yf/CO ₂ possible		
	Système Booster Ammoniac		
	Cascade Ammoniac/CO ₂		
	Système centralisé à détente indirecte froid positif et négatif	Situation de référence : fluide HCFC <i>Gaz interdit en Europe au 1^{er} janvier 2015</i>	Cascade R134a/CO ₂ convertissable en R1234yf/CO ₂ possible
Situation de référence : fluide HFC		Système Booster Ammoniac	
		Retrofit mélange HFO-HFC avec PRG autour de 300	
		Retrofit avec mélange avec PRG autour de 1300	
		Retrofit HFC : R404	
		Ammoniac avec système indirect	
		R134a avec système indirect	
		Ammoniac avec système indirect	
		R134a avec système indirect	

LÉGENDE

Alternatives



Solution existante Solution en développement

Impact environnemental



Très faible Faible Moyen

Réglementations



Risque d'obsolescence vis à vis de la F-gas Fluide naturel (pas de risque d'obsolescence)

Alternative	Description	Points clés	Environnement	Réglementation	Sécurité
Rétrofit R404	Remplacement du fluide de la centrale par un HFC	Solution simple	PRG élevé	Mise en conformité des installations HFCF, mais non pérenne vis à vis du règlement F-gas : alternative non recommandée	
Cascade Ammoniac / CO ₂	Centrale de froid positif et négatif, fonctionnement en cascade entre les deux types de froids, avec le CO ₂ pour le froid négatif et l'ammoniac pour le froid positif	Solution chère mais 100 % fluides naturels	PRG très bas (1 pour le CO ₂ et 0 pour l'ammoniac)	Pérenne vis à vis du règlement F-gas. Réglementation spécifique sur ammoniac	Ammoniac : toxique, faible inflammabilité
Cascade R134a/ CO ₂	Centrale de froid positif et négatif, fonctionnement en cascade entre les deux types de froids, avec le CO ₂ pour le froid négatif et le R134a pour le froid positif	Solution plus chère mais diminution des charges de HFC	PRG CO ₂ = 1	Pour la partie CO ₂ : pérenne vis à vis du règlement F-gas	
Système booster ammoniac	Centrale de froid positif et négatif, fonctionnement uniquement avec de l'ammoniac, avec un système en configuration booster	Solution chère, mais très bonne efficacité énergétique	PRG nul	Pérenne	Ammoniac : toxique, faible inflammabilité
Ammoniac avec système indirect	Centrale de froid positif et négatif, fonctionnement uniquement avec de l'ammoniac, et un réseau de fluide fluide caloporteur pour transporter le froid	Solution chère, mais bonne efficacité énergétique. Diminution de la charge d'ammoniac	"	Pérenne	Ammoniac : toxique, faible inflammabilité
R134a avec système indirect	Centrale de froid positif et négatif, fonctionnement uniquement avec du R134a et un réseau de fluide fluide caloporteur pour transporter le froid	Diminution de la charge HFC	PRG élevé	Pérenne vis à vis du règlement F-gas actuel, mais risque d'obsolescence réglementaire à moyen terme	
Retrofit mélange HFO-HFC avec PRG autour de 300	Remplacement du fluide de la centrale par mélange de gaz HFO et HFC, avec un PRG global de 300		PRG moyen, mais impacts de la production des HFO critiqués	?	non toxique et inflammabilité faible à modérée
Retrofit avec mélange avec PRG autour de 1300	Remplacement du fluide de la centrale par mélange de gaz HFO et HFC, avec un PRG global de 1300	(en cours de développement)		Pérenne vis à vis de la F-gas actuelle, mais risque d'obsolescence réglementaire à moyen terme	

→ **PRG** = Potentiel de Réchauffement Global, ou **GWP** (Global Warming Potential) en anglais. Le PRG est un indice de comparaison associé à un gaz à effet de serre (GES) qui quantifie sa contribution au réchauffement climatique comparativement à celle du CO₂, cela sur une certaine période choisie (généralement 100 ans). Par définition, le PRG du CO₂ est égal à 1. Le PRG des fluides frigorigènes peut atteindre plusieurs milliers
Exemple : le PRG du R22 est de 1810. Cela signifie qu'émettre dans l'atmosphère 1 kg de R22 équivaut, en terme d'impact climatique, à émettre 1810 kg de CO₂

→ **PRG bas** : < 150. **PRG très bas** : < 20

→ **Drop-in** : Conversion d'installation correspondant seulement au changement du fluide frigorigène, sans autre modification (ni composants, ni huile).

→ **Retrofit ou reconversion** : Conversion d'une installation en vue du changement du fluide frigorigène nécessitant au moins un rinçage et changement de l'huile (cas le plus simple) mais pouvant aussi nécessiter des réglages et changements de composants, rendant la conversion beaucoup plus onéreuse qu'un simple drop-in.

→ **Froid positif** : milieu à refroidir au-dessus de 0 °C (généralement statué à 3 °C mais cela est variable selon les aliments stockés au froid positif)

→ **Froid négatif** : milieu à refroidir en dessous de 0 °C (généralement statué à -18 °C mais cela peut descendre plus bas).

→ **TEWI** : (Total Equivalent Warning Impact) cet indice caractérise l'impact d'une installation frigorifique sur l'effet de serre : impact direct par l'émission de fluide frigorigène et impact indirect par la consommation d'électricité (CO₂ rejeté lors de la production d'électricité).

$$TEWI = (GWP \times L \times n) + (GWP \times m(1 - \text{arecyclé})) + (n \times E_{\text{annuel}} \times B)$$

où :

L = taux de fuites par an (kg)

n = durée de vie de l'installation (années)

m = quantité de fluide à l'installation (kg)

arecyclé = facteur de recyclage : % de fluide récupéré en fin de vie

Eannuel = énergie consommé par an (kWh)

B = émission de CO₂ par kWh

→ **S COP ou COP saisonniers** : COP saisonnier pour le mode chauffage

→ **SEER** : Coefficient d'efficacité énergétique saisonnier pour le mode refroidissement

→ **Système hermétiquement scellé** : désigne un système dans lequel toutes les parties contenant du fluide frigorigène sont rendues hermétiques par soudure, brasage ou une technique similaire entraînant un assemblage permanent, ce dernier pouvant comporter des valves recouvertes et des orifices de sortie recouverts qui permettent une réparation ou une élimination dans les règles et présentent un taux de fuite testé inférieur à 3 grammes par an sous une pression d'au moins un quart de la pression maximale admise

→ **Centrale « booster »** : Centrale dont les deux groupes de compresseurs (froid positif et négatif) sont sur le même circuit de fluide. Cette architecture permet un gain de place (un seul groupe de condenseur) et d'énergie.

→ **Fluide recyclé** : Réutilisation d'une substance réglementée récupérée à la suite d'une opération de nettoyage de base

→ **Fluide régénéré** : Traiter les fluides frigorigènes pour les mettre en conformité avec les spécifications des fluides frigorigènes neufs. Cela implique l'emploi de machines qui sont utilisées sur les sites de régénération ou de production des fluides frigorigènes



L'ADEME EN BREF

L'Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Énergie (ADEME) participe à la mise en œuvre des politiques publiques dans les domaines de l'environnement, de l'énergie et du développement durable. Elle met ses capacités d'expertise et de conseil à disposition des entreprises, des collectivités locales, des pouvoirs publics et du grand public, afin de leur permettre de progresser dans leur démarche environnementale. L'Agence aide en outre au financement de projets, de la recherche à la mise en œuvre et ce, dans les domaines suivants : la gestion des déchets, la préservation des sols, l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables, la qualité de l'air et la lutte contre le bruit.

L'ADEME est un établissement public sous la tutelle conjointe du ministère de l'Écologie, du Développement durable et de l'Énergie et du ministère de l'Éducation nationale, de l'Enseignement supérieur et de la Recherche.

“

Limiter l'impact environnemental du froid commercial : cette brochure, à destination des acteurs du commerce et de la distribution rassemble les informations à prendre en compte pour effectuer des choix éclairés lors des investissements dans de nouvelles installations de froid.

”

ADEME



Agence de l'Environnement
et de la Maîtrise de l'Énergie



Liberté • Égalité • Fraternité
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

MINISTÈRE
DE L'ÉCOLOGIE,
DU DÉVELOPPEMENT DURABLE
ET DE L'ÉNERGIE

MINISTÈRE
DE L'ÉDUCATION NATIONALE
DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE

