

SIFA 2017

Les fluides du futur et les conséquences de la mise en œuvre de la F-Gas

Table ronde organisée par l'AFCE

Animée par F. Heyndrickx son Délégué Général

5 octobre 2017



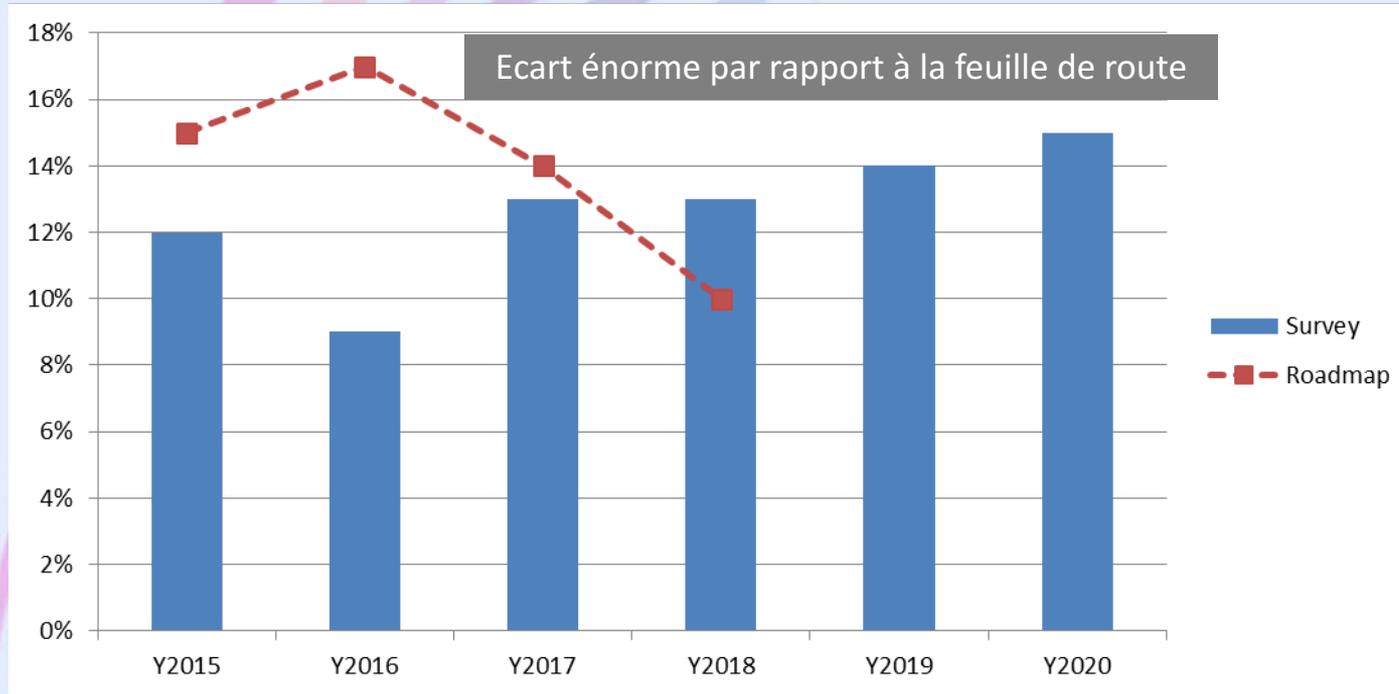
Nos intervenants

- Denis CLODIC : Président de CRYO PUR
- Jean Luc CARRE : Président du SNEFCCA
- Claude BLANC : Président d'ASERCOM
- Paul de LARMINAT : Consultant pour Johnson Controls
- Raymond BRILLI : Chargé de Mission chez WESTFALEN

5 octobre 2017



Equipements existants – Taux de Rétrofit

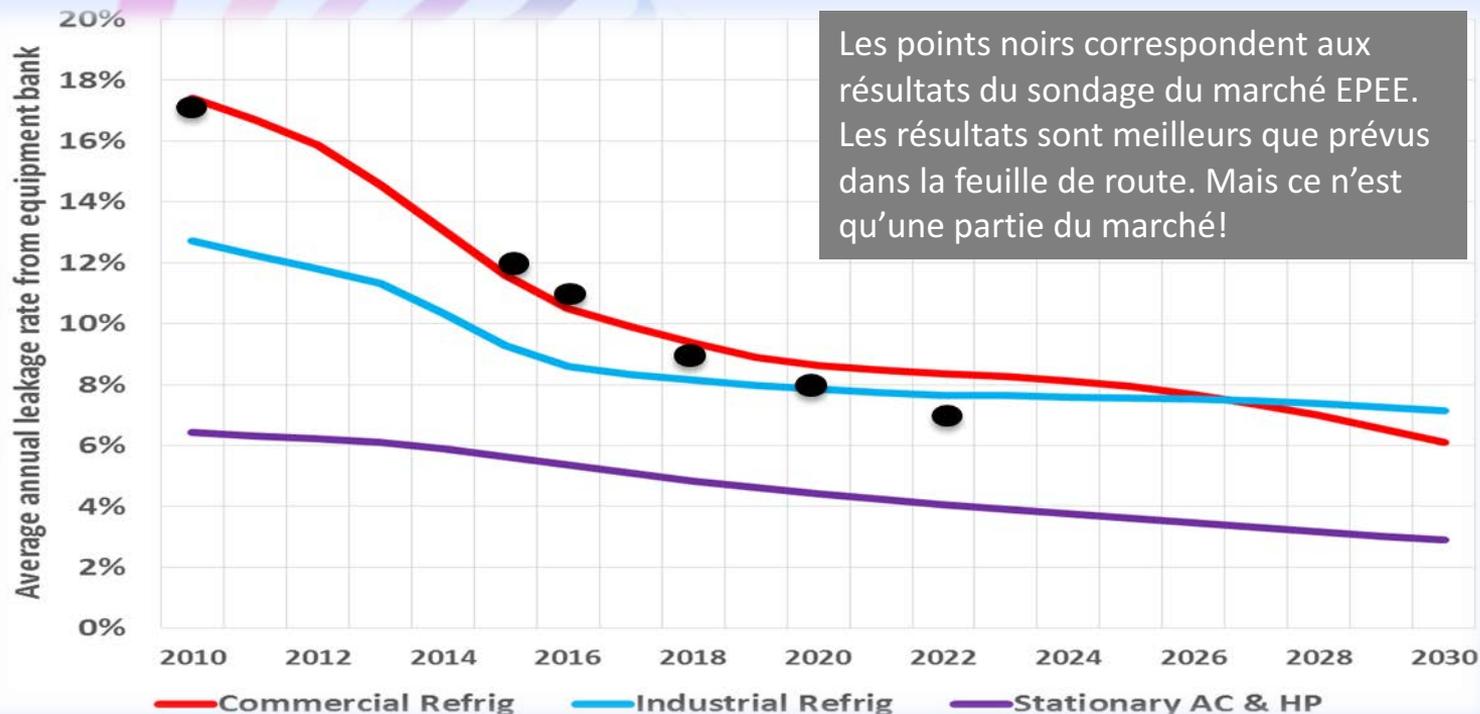


Source Gapomètre de EPEE

5 octobre 2017



Equipements existants – Taux de Fuite

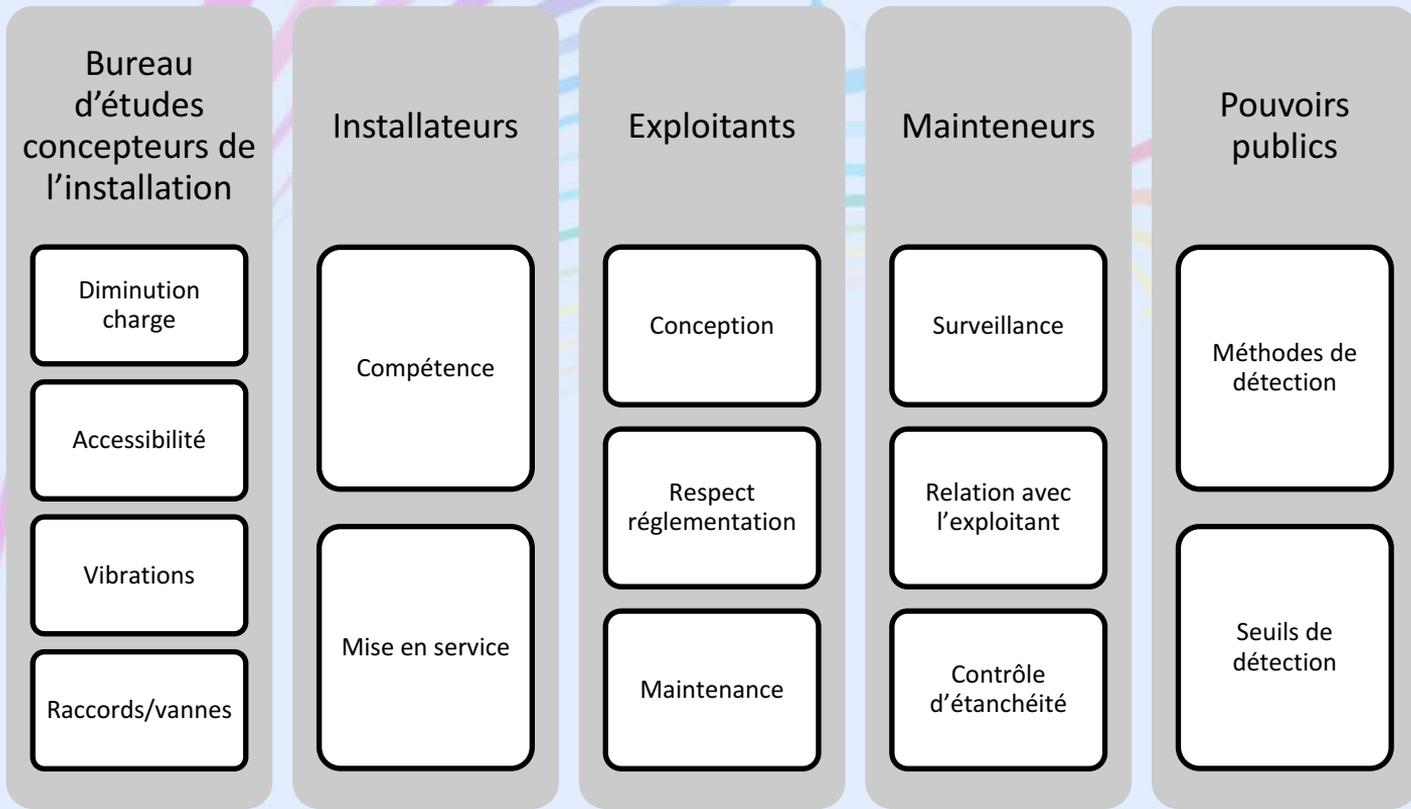


5 octobre 2017



Etude sur le confinement des fluides de 2015

Préconisations conclusives de l'ADEME



octobre 2017



Choix des Fluides – Quels Critères ?



- Nouvelle donne avec la F-Gas:
 - Ce qui ne change pas
 - Ce qui change
 - Enjeux du changement
 - ...et ambiguïtés

Ce qui ne change pas ?

Les critères technico-économiques généraux:

- Propriétés thermodynamiques,
 - Débit volume requis
 - Echanges thermiques
 - Rendement énergétique
 - Pressions de service
- Comportement avec huiles, matériaux
- Sécurité : Toxicité, inflammabilité
- Couche d'ozone : élimination des CFC et HCFC (R-22)
- Recherche d'optimisation du coût
 - Initial (fluide + machines + installation)?
 - De possession (+énergie, maintenance)?



5 octobre 2017

Ce qui change ?

- Critère PRG dans la F-Gas → Réduction obligatoire des « HFC » à fort PRG
- Fluides alternatifs:
 - HFC à plus faible GWP
 - HFO
 - Mélanges HFC/HFO → Apprendre à utiliser les mélanges
 - Fluides naturels (Ammoniac, CO₂, Hydrocarbures)
- Exigences d'efficacité énergétique (Ecodesign)
- Evolution des impératifs de sécurité
 - Fluides « anciens » généralement ininflammables
 - Alternatives souvent inflammables
 - ... souvent « légèrement inflammables » (R-32, HFO's, Mélanges)
 - → Nouvelle catégorie « 2-L »
 - Evolution des codes et standards en cours

5 octobre 2017



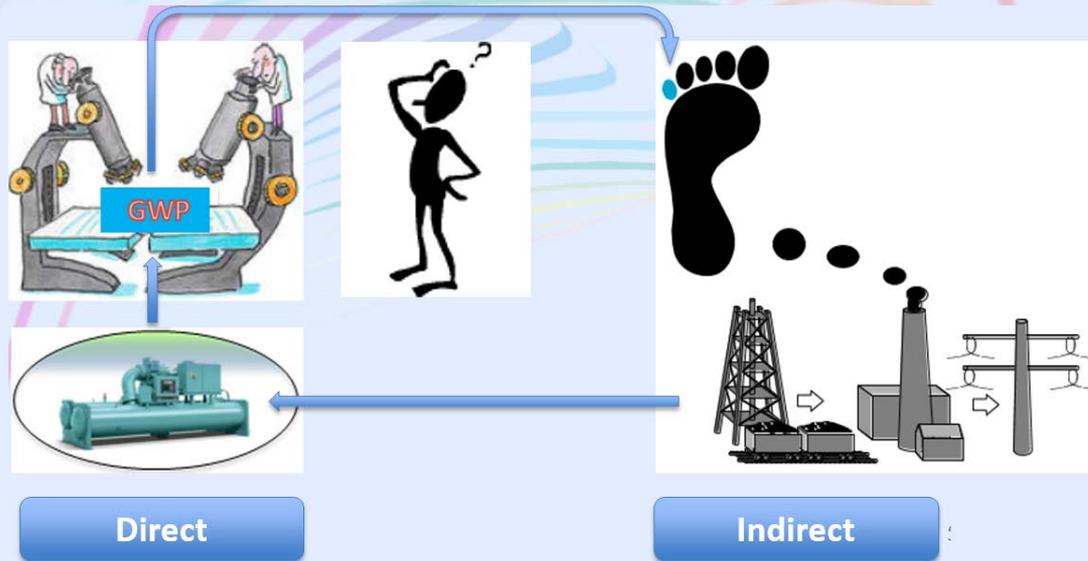
Enjeux du changement ?

- **Si fluides « similaires »**, on peut garder les mêmes plateformes technologiques (Ex : R-410A -> R-32 ; R-134a -> 1234ze ou 513A); **mais**:
 - Possibilité d'impact sensible sur les performances.
 - Attention pour les mélanges avec glissement de température!
 - Valider la fiabilité des composants, surtout compresseurs.
 - Arbitrages PRG / inflammabilité
- **Autres voies** : changement de technologie. Ex:
 - Système centralisé → groupes autonomes
 - Détente directe → système indirect
 - Cascades avec CO₂ en basse température
 - Chillers centrifuges : 134a → fluides basse pression



Ambiguïtés ?

- Au nom des émissions de gaz à effet de serre, on focalise sur le PRG des fluides.
- Mais les émissions « indirectes » de la consommation énergétique causent souvent plus de 90% des émissions totales.
- Les approches de cycle de vie (« TEWI » ou « LCCP ») sont trop souvent ignorées.



octobre 2017



Etude sur alternatives

Indicateur multicritère Radar

IE : Impact Environnemental - GWP

1 = très faible (<10) 2 = Faible (<150)
3 = Moyen (< 750) 4 = assez Fort (>750)
5 = fort (>1500) 6 = très fort (>2500)

CE : Consommation Energétique

0 = Faible 3= Moyen 6 = Fort

RS : Risque sur la Sécurité

0 = Classe A1
2 = A2L
4 = A2 et B2
6 = A3 et B3

CO : COut de la solution (hors maintenance)

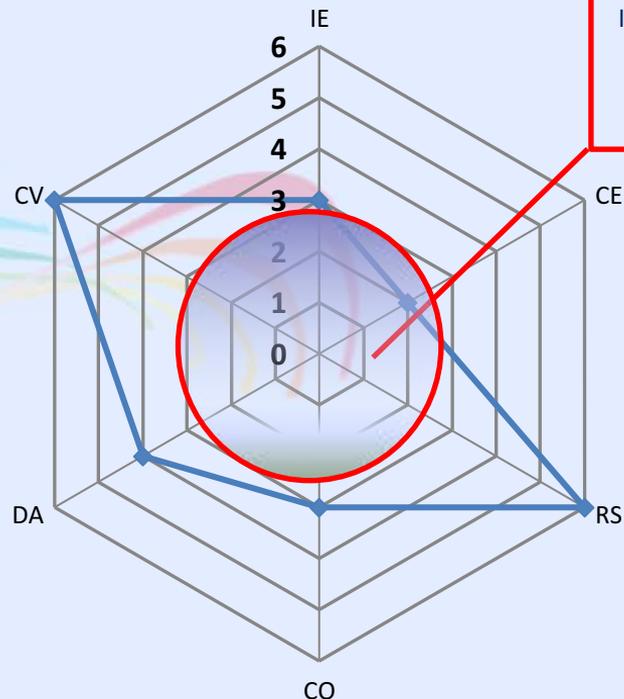
0 = Faible 3 = Moyen 6 = Fort

DA : Disponibilité

0 = laboratoire 3 = démonstration terrain 6 = industrielle

CV : Capacité Volumétrique

0 = Suffisante 3 = Moyenne 6 = Insuffisante



Zone de critères favorables à l'alternative proposée



5 octobre 2017

Exemple fiche application

Fiche Application: Système centralisé R-404A direct de refroidissement d'un procédé agroalimentaire: Froid positif		IAA 1
Domaine	Froid dans les IAA	Sous-domaine
Utilisation / Application standard	Installation centralisée de refroidissement d'un procédé de production agroalimentaire. Divers cas d'application peuvent être observés, selon les industries: <ul style="list-style-type: none"> - refroidissement des produits au cours des procédés: 37°C à 4°C - abattoirs: conservation de la viande à +4°C - entreposage, stockage des produit à +4°C - refroidissement de plat cuisiné, éventuellement avant surgélation - conditionnement d'ambiance 	
Domaine de température	0 à +4°C	
Techniques basées sur le HFC existant sur le marché		
Type de fluide couramment utilisé / GWP	R-404A GWP = 3700	Charge moy par équipement (kg)
Données relatives au fluide frigorigène utilisé	R-125/ R-143a/ R-134a (44%/ 52% 4%) A1	très variable suivant niveau de production. Pouvant aller jusqu'à 3 tonnes
Parc d'équipements en service		
en France	NC	Banque de fluides en France (t): 2 500 t (total agro fin 2011)
en Europe	NC	Banque de fluides en Europe (t): 15 000 t (total industrie EU27 fin 2012)
Durée de vie moyenne de l'équipement (années)	30 ans	
Taux de renouvellement annuel (en % du nbre d'équipements)		
Durée indicative d'implémentation d'une solution alternative pour le parc d'équipement (année)		
<input type="checkbox"/> Evalué selon le taux de renouvellement		
<input type="checkbox"/> selon les professionnels du domaine		
Principaux offreurs de technologies		
en France	Johnson Control, Clauger, GEA Mattal	
en Europe		
Principaux détenteurs des équipements		
en France	Nestlé, Bell, Danone, etc. Les groupes interrogés sont: Bell (30% industrie laitière France), LDC (Leader Volaille, plats cuisinés) et Bonduelle	
en Europe	Leader mondial légumes)	
Justification technique et conditions particulières de l'application vis à vis du type de HFC utilisé	Evolution des anciennes installations au R-22: compatibilité des composants, facilité de rétrofit, pas de glissement de température du R-404A, possibilité de drop-in	
Règlementations et normes spécifiques applicables		
en France		
en Europe	F-Gas	

5 octobre 2017



Acteurs clés dans le développement des technologies alternatives			
Règlementations applicables et normes existantes			
en France :	Réglementation ammoniacque	F-Gas	F-Gas
en Europe :		F-Gas	F-Gas
GWP	0	1370	2 100
Efficacité énergétique	équivalente (système indirect) ou meilleure (direct) que celle du système de référence surtout dans le cas d'un système à détente directe.	moins bonne que le R-404A	équivalente à moyenne température
Disponibilité	immédiate	immédiate	immédiate
Principaux freins à l'expansion de cette solution :	Fluide toxique et inflammable (B2). Coût (investissement et sécurité) supérieur jusqu'à 50% au coût d'une installation au R-404A	GWP dans le cadre de l'évolution F-Gas à moyen terme	GWP proche de la valeur seuil à préciser dans le cadre de la révision F-Gas
Contexte favorisant l'implémentation de cette technique (Drop in ou non, impact sur la charge, ...):	Assouplissement de la réglementation Ammoniacque, Solution pérenne quelques soient les évolutions de la F-Gas. Efficacité énergétique équivalente ou supérieure au système de référence avec R-404A.	Possibilité de rétrofit R-134a/ R-1234yf ou R-1234ze à moyen terme selon évolution réglementation inflammables. Spécification dans cahier des charges pour dimensionnement (R-134a a une capacité frigorifique moindre) Coût équivalent à une installation R-404A, hors rétrofit ultérieur	Possibilité de drop in R-404A/ R-407A comme R-22/R-407A
Indicateurs multicritères	notation selon critères système détente indirecte	notation selon critères système détente indirecte	
<p>IE : impact environnemental - GWP 1 = très faible (<10) 2 = Faible (<150) 3 = Moyen (< 750) 4 = Fort (>750) 5 = très fort (>2500)</p> <p>CE : Consommation énergétique 0 = Faible 3= Moyen 6 = Fort</p> <p>RS : Risque sur la sécurité 0 = Classe A1 2 = A2L 4 = A2 et B2 6 = A3 et B3</p> <p>CO : Cout de la solution (hors maintenance) 0 = Faible 3 = Moyen 6 = Fort</p> <p>DA : Disponibilité 6 = laboratoire 3 = démonstration terrain 0 = industrielle</p> <p>CA : Capacité volumétrique 0 = Suffisante 3 = Moyenne 6 = Insuffisante</p>	<p>Detailed description: A radar chart with six axes: IE (top), CE (top-right), RS (right), CO (bottom), DA (bottom-left), CV (left). The chart has concentric lines from 0 to 6. A blue line connects the data points for each criterion.</p>	<p>Detailed description: A radar chart with six axes: IE (top), CE (top-right), RS (right), CO (bottom), DA (bottom-left), CV (left). The chart has concentric lines from 0 to 6. A blue line connects the data points for each criterion.</p>	

Conclusions de l'Etude

- Des solutions existent ou vont bientôt arriver sur le marché mais pas dans tous les domaines
- Les temps d'étude et R&D se situent entre 2 et 10 ans suivant les applications
- Beaucoup d'interrogations des fabricants et détenteurs d'équipements

5 octobre 2017



En images...



Jointes mécaniques et brides



Condenseur



5 octobre 2017

Etude AFCE –ADEME sur la détection de fuite

Tableau comparatif des systèmes expert sur différentes fuites

Système Expert	SE2	SE1	SE2	SE1	SE2	SE1	SE2
Charge de l'installation (kg)	600	500	600	1500	1200	500	600
Fluide	R-404A	R-134a	R-404A	R-404A	R-404A	R-134a	R-404A
Type de réservoir	vertical	horizontal	vertical	vertical	vertical	horizontal	vertical
Débit moyen fuites	0,5 g/min	1,2 g/min	1,2 g/min	13,2 g/min	50,9 g/min	56,4 g/min	127 g/min
Débit moyen fuites	32 g/h	71 g/h	72 g/h	0,8 kg/h	3,1 kg/h	3,4 kg/h	7,6 kg/h
Alarme fuite	non	oui	oui	oui	probable	oui	oui
Type d'alarme	—	expert	expert	expert	expert	expert	niveau bas
Temps repérage	—	2j 16h 46min	6j 20h	4h43	1j 15h	4h25	12h30
Pertes totales à la fin de l'essai	2,5 kg	4,8 kg	11,4 kg	3,7 kg	24,4 kg	13,4 kg	65 kg
Pertes en t eq. CO2	9,8	6,9	44,5	14,4	12,1	19,2	253,5
Pertes rapportées à la charge nominale	0,4%	0,9%	1,1%	0,25%	2,0%	2,2%	10,9%
Remarque	Problème expérimental	RAS	RAS	T _{ext} élevée	Alarme 39 h après la fin de l'essai	Alarme 28 min après la fin de l'essai	Alarme 4 h après la fin de l'essai

Note : dans le cas des essais pour lesquels l'alarme s'est déclenchée après la fin de l'essai, les résultats du tableau ne tiennent pas compte des pertes de fluides frigorigènes qui se seraient produites entre la fin de l'essai et le moment du déclenchement de l'alarme.

5 octobre 2017



Mélanges A1 de remplacement du R-404A

Désignation	Composants et compositions	GWP	T critique et T normale d'ébullition (glissement)	Puissance frigorifique relative au R-404A à -39 °C	COP relatif au COP R-404A
R-404A	R-125/143a/134a (44 /52/4)	3700	Tc = 72 °C TNe = -46,6/-45,8 °C	1	1
R-407A	R-32/125/134a (20/40/40)	2100	Tc = 90,1°C TNe = -45,2/-38,7°C	0,81	0,89
R-407F	R-32/125/134a (30/30/40)	1800	Tc = 89,2 °C TNe = -46,1/-39,7°C	1,02	1,07
R-448A	R-32/125/1234yf/134a/1234ze 26/26/20/21/7	1400	TC = 86,4 °C TNe = -45,9/-39,8 °C	0,83	0,86
R-449A	R-32/125/1234yf/134a 24/25/25/26	1400	TC = 87,4 °C TNe = -46/-39,9 °C		



5 octobre 2017

Fluides de remplacement du R-404A à GWP<150

Dénomination	Composants et compositions Ou formule chimique	GWP	T critique et T normale d'ébullition (glissement)	Classe Inflam. / Vitesse Fond de flamme (cm/s)
R-1270 (propylène)	C3H6	2	TC = 91 °C TNe = --47 °C	3/ 54
R-290 (propane)	C3H8	3,3	TC = 96,7 °C TNe = --42 °C	3 / 46
R-454C	R-32/1234yf 21,5/78,5	148	Tc = 91,4 °C TNe = -45,9/- 39,9 °C	2L / 1,6
R-455A	R-32/1234yf/744 21,5/75,5/3	145	TC = 85,6 °C TNe = -52,3/-39,5°C	2L /



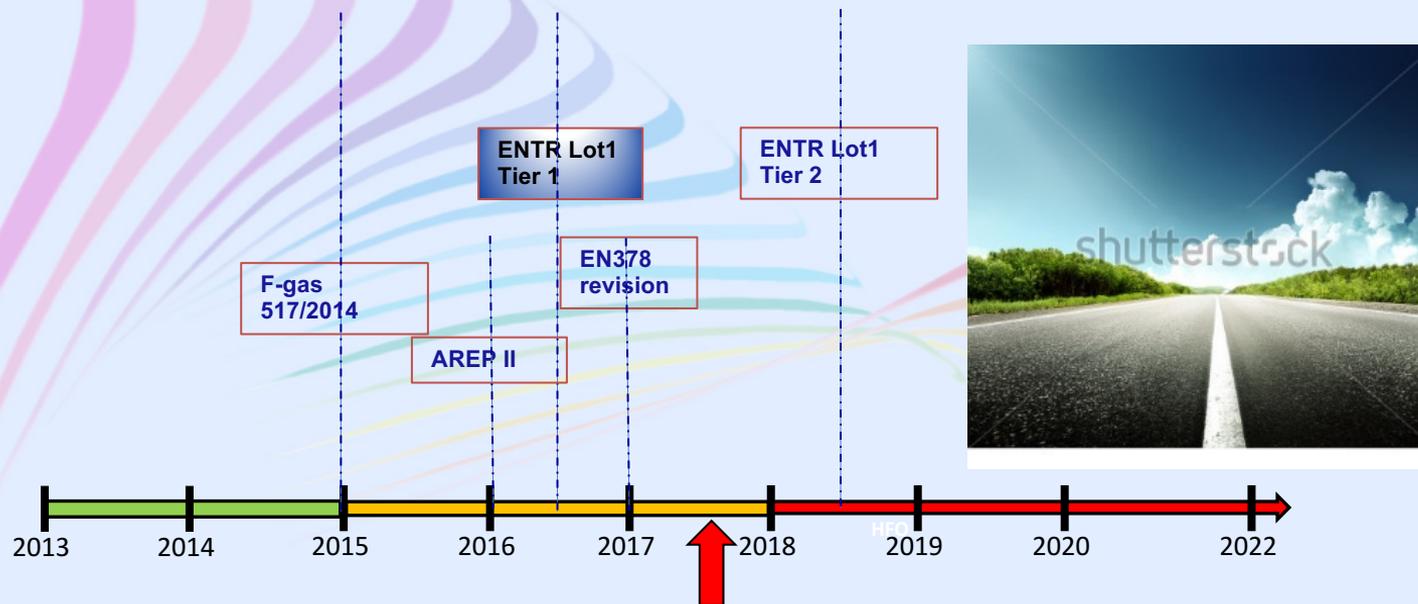
5 octobre 2017

Les fluides du futur et les conséquences de la mise en œuvre de la F-Gas

5 octobre 2017



Scénario *ASERCOM* et situation actuelle



2018 sera une première étape clé du scénario sur la mise en place de la F-Gas en relation avec des produits à hautes performances conçus pour faire face aux MEPS exigés par la réglementation d'éco-conception.

5 octobre 2017



Les éléments incontournables pour adapter la technologie

- Propriétés des fluides frigorigènes et les aspects de lubrification
 - solubilité, miscibilité, viscosité, compatibilité des matériaux
- Test de performances
 - enveloppe de fonctionnement
- L'impact sur les échangeurs de chaleur et du concept du système avec les alternatives à fort glissement de température,
- La charge limitée de fluide frigorigène par rapport aux critères de sécurité
- Sécurité d'utilisation:
 - qualification et la formation des opérateurs
- L'impact économique et la disponibilité des composants
- Recherche et développement des produits
- Qualification et certification des produits

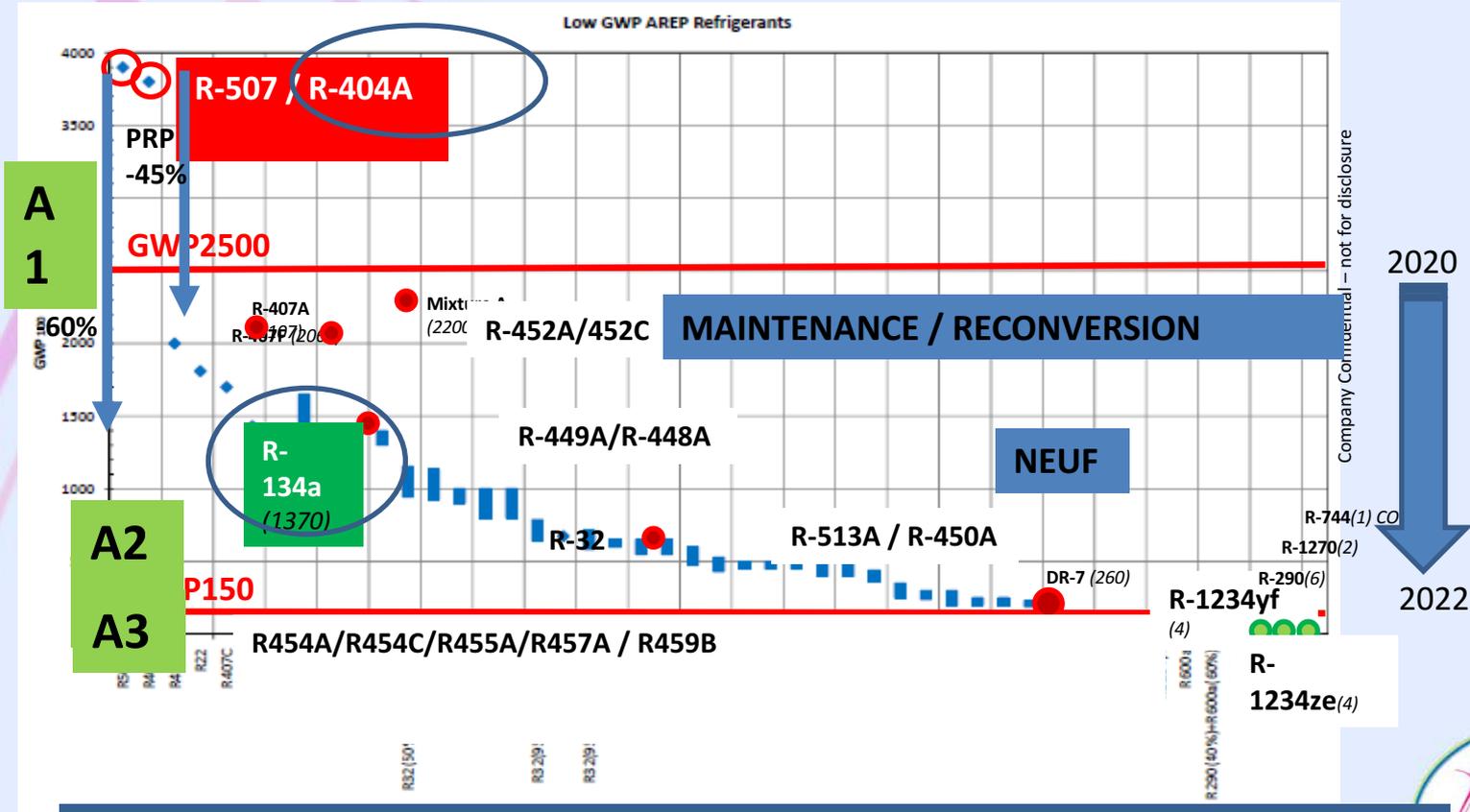
5 octobre 2017



La multiplication des solutions retarde la mise sur le marché

- Les étapes indispensables pour les compressoristes passent par:
 - Le choix des fluides frigorigènes à faible PRP,
 - La Qualification des composants
 - La Capacité des installateurs à gérer ces nouveaux fluides dans la pratique
- Au-delà de la considération des fluides « dits naturels » et développés par les membres *ASERCOM*, nos ingénieurs ont analysé en commun les fluides synthétiques à bas PRP sur une base de tests publics.

Les Alternatives et leur PRP



- HFC-HFO mixture will be considered as HFCs within F-gas regulation.
- HFCs Phase down concern all HFCs and it will lead to limited quantity placed in the Market by 2017.
- Maintenance of existing system at risks from 2018



Changement important des produits et technologies

Lors de la sélection d'un fluide alternatif tous les acteurs du marché doivent avoir comme objectif une solution avec faible PRP

Les compromis à prendre en compte sont les suivants:

- Inflammabilité et les mesures de sécurités connexes
- Glissement de température et redéfinition du système
- Fiabilité liée à la température de refoulement du compresseur
- Performances frigorifiques

Le mécanisme de réduction progressive est un élément clé pour notre industrie afin de permettre l'adaptation à ces alternatives en fonction de:

- disponibilité de la technologie
- Normes et réglementation disponibles: aux niveaux national et Européen
- Une formation adaptée et nécessaire pour la manipulation des fluides inflammables ou à haute pression dans le cadre de la maintenance et/ou de la réparation des systèmes.



Contraintes pour les Constructeurs (1)

- Adaptation nécessaire dans de nombreux domaines.
- Contraintes administratives (déclarations, reporting etc).
- Formation et adaptation aux contraintes réglementaires telles que recherches de fuites (on le fait de toute façon...).
- Dépenses commerciales : les clients veulent pouvoir comparer des solutions multiples.
- Pour les machines, on peut garder les plateformes existantes si fluides de même « catégorie » : ce n'est « que » de l'adaptation. Mais :
 - Qualification fiabilité complexe.
 - Adaptations éventuelles pour l'inflammabilité.
 - Qualification / documentation des performances « ecodesign ».
- Si fluides de catégorie différente, développements lourds...

5 octobre 2017



Contraintes pour les Constructeurs (2)

- S'inscrivent dans le cadre des développements continus.
- L'impact varie avec la taille des entreprises. Des PME misent beaucoup sur des développements adaptés aux réglementations locales: gros enjeux de risques et d'opportunités.
- Pour grandes entreprises mondiales, vision globale (géographie, gammes de produits) et de long terme. Stratégies sont pilotées par des tendances de fond (prix, efficacité énergétique) dans le cadre des contraintes réglementaires en vigueur ou anticipées.
- Le renouvellement d'un type de produit prend environ 4 ans... si pris en priorité. Pour une large gamme de produits, cycle de renouvellement complet plutôt de l'ordre de 10 ans, compte tenu de ressources humaines et financières limitées.
- L'évolution accélérée des réglementations et leurs disparités régionales peut conduire à la mise sur le marché de produits non optimisés, au détriment des clients.

5 octobre 2017



Les fluides du futur et les conséquences de la mise en œuvre de la F-Gas

5 octobre 2017





Analyse
cycle de
vie

Coûts,
Sécurité

Efficacité
énergétique

Faible
PRG

5 octobre 2017



MERCI de votre ATTENTION

A très bientôt

www.afce.asso.fr



5 octobre 2017