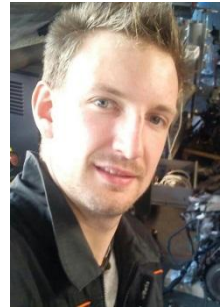


Ou en est-on dans le monde du froid aujourd'hui ?

09 Octobre 2014



Nils-André Hutin Svensson

Chef de projets / Cofely SA

Formateur du Permis de manipuler les Fluides Frigorigènes (PMFF) / ASF

Membre des commissions RP Média et Enseignement / ASF

Sommaire de la présentation :

- 1) Historique et impact des réfrigérants sur la planète
- 2) Choix des alternatives de réfrigérants et applications pratiques
- 3) Nouvelle génération de réfrigérants HFO
- 4) Présentation des résultats du projet pilote 2013 de contrôle ORRChim dans le canton du Valais

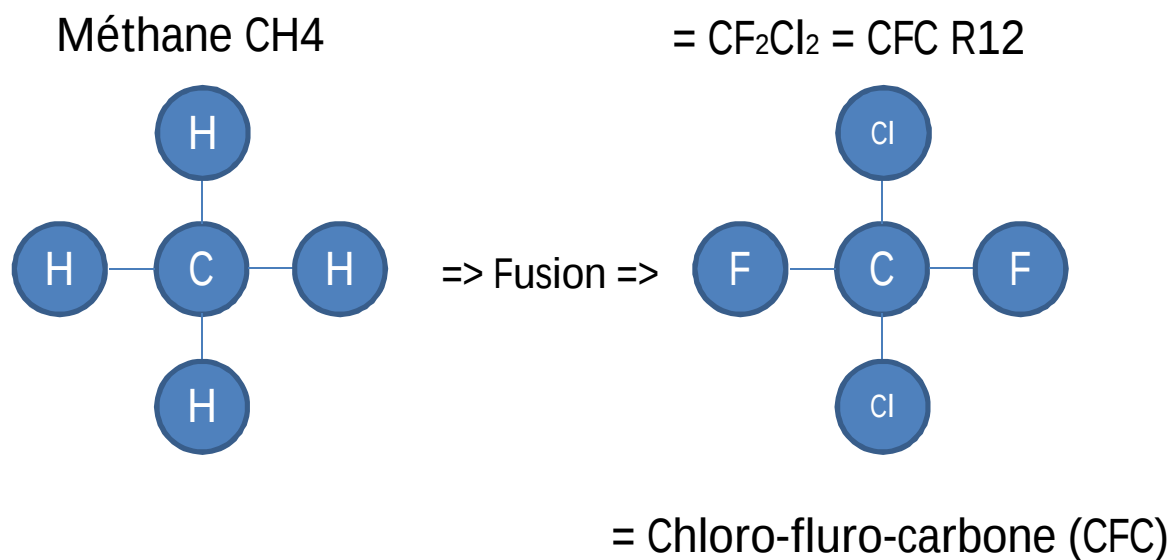
1) Historique et impact des réfrigérants sur la planète :

- Le premier cycle à compression comme on le connaît aujourd'hui, fût construit à l'ammoniac (NH_3 - R717) et mis en service en 1876 par Karl Von Linde.
- Les premiers fluides utilisés au 19^{ème} siècle étaient principalement l'ammoniac, le dioxyde de carbone (CO_2 - R744), l'éther éthylique et le dioxyde de soufre (SO_2). Leur principal inconvénient était leurs instabilités, leurs explosivités et leurs inflammabilités. Ils étaient principalement destinés à l'industrie.
- Les matériaux et composants de l'époque ne permettaient pas de réaliser ce qu'on fait actuellement, les risques d'accident étaient donc beaucoup plus élevés qu'aujourd'hui avec le recul et l'expérience. C'est pourquoi l'on demanda à un célèbre physicien Américain du nom de Thomas Midgley Jr de trouver une solution sécuritaire pour nos fluides frigorigènes. Il inventa donc en 1928 les fameux fluides frigorigènes CFC.



1) Historique et impact des réfrigérants sur la planète :

- Pour cela, il utilisa une molécule de méthane (CH_4). Il garda la base qui était le carbone et remplaça l'hydrogène par des molécules de fluor et de chlore.



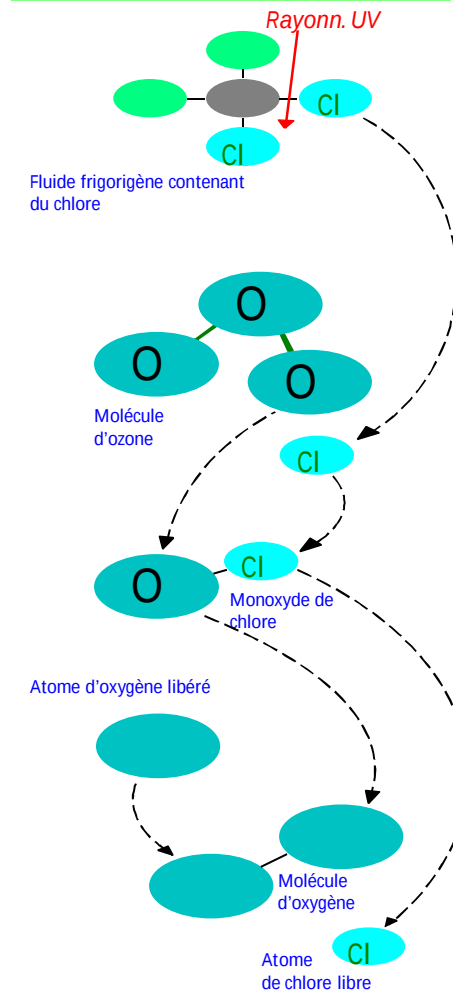
1) Historique et impact des réfrigérants sur la planète :

- Les premiers fluides frigorigènes non dangereux pour l'homme étaient donc inventés avec principalement les CFC R11 / R12 et R500. Le R22 qui est lui un HCFC, fût inventé avant guerre et importé en Europe dans les années 50; son but, améliorer les performances assez mauvaises des CFC.
- Ces fluides frigorigènes ont donc ouvert la construction d'installations frigorifiques à bon nombre d'artisans sur la planète par leur simplicité et efficacité. Ils ont permis l'expansion du froid dans le monde à un grand nombre d'application. Les premières voitures climatisées sont sorties dans les années 50 et fonctionnaient au R12.
- Comme dans beaucoup de domaines, les inventions de l'homme paraissent extraordinaires dans un premier temps, mais ont derrière elles des conséquences lourdes, et comme pour le plomb dans l'essence, M. Thomas Midgley Jr créa en fait des fluides terriblement nocifs pour notre planète.

1) Historique et impact des réfrigérants sur la planète :

- Les normes de l'époque n'imposaient pas de contrôle d'étanchéité annuel comme on le fait aujourd'hui, les installations étaient moins étanches, et les molécules des CFC et HCFC se dispersaient dans la nature et surtout dans l'atmosphère.
- Le problème des CFC et HCFC vient principalement du chlore contenu dans les molécules. Celles-ci atteignent la couche d'ozone au bout de 15 à 30 ans. Les molécules subissent l'influence du rayonnement UV et ce se décomposent. Le chlore est donc libéré et commence à appauvrir la couche d'ozone par un procédé chimique.
- La conséquence est le «trou» d'ozone.

Destruction de l'ozone par le chlore



1) Historique et impact des réfrigérants sur la planète :

- Les conséquences de la destruction de l'ozone sur l'homme sont :

Augmentation du rayonnement ultraviolet B

Cancer de la peau

**Atteintes à diverses espèces
animales et végétales**

**Notre système immunitaire peut
devenir moins efficace**

Conséquences pour le climat

**La structure thermique est affectée,
avec notamment influence sur les
phénomènes de transport et de
transformation**

1) Historique et impact des réfrigérants sur la planète :

- En 1994, les climatologues et les gouvernements ont décidés lors du protocole de Montréal d'interdire les CFC définitivement dans les installations neuves et ce à cause du chlore mais aussi à cause de l'effet de serre dégagé par ces fluides. Chaque pays à un calendrier d'interdiction différent.
- En Suisse, l'interdiction définitive à la recharge du R22 est fixée au 31.12.2014. Dépassé ce délai, la recharge est interdite (sauf dans certains projet exceptionnels approuvé par la confédération).
- Cette interdiction a donné naissance aux hydrochlorofluocarbone (HFC) que vous utilisez aujourd'hui. Ces fluides sont fabriqués toujours à base d'hydrocarbures, qui sont l'éthane et le méthane principalement.
- Si l'on a donc réglé partiellement le problème de la couche d'ozone, nous n'avons pas réglé celui de l'effet de serre.

1) Historique et impact des réfrigérants sur la planète :

- L'effet de serre des fluides frigorigènes a été discuté lors du protocole de Kyoto en 1997. Les pays européens ont signés le traité visant à réduire au minimum possible les émissions de gaz à effet de serre. Ce protocole a induit la loi ORRChim en vigueur en Suisse depuis 2004.
- Les fluides frigorigènes ne sont pas l'unique raison de l'effet de serre.

CO₂	Gaz carbonique	50 %	
CH₄	Méthane	13 %	
N₂O	Gaz hilarant	5 %	
CFC/HCFC/HFC		17 %	
O₃	Ozone troposphérique	7 %	

Gaz-traces	Symbole chimique	Concentration actuelle	Temps de résidence dans l'atmosphère	Accroissement	Sources principales
Dioxyde de carbone	CO ₂	347 ppm	5 à 10 ans	0,4% par an	Combustibles fossiles, défrichage de la forêt par le feu
Méthane	CH ₄	1,65 ppm	4 à 7 ans	1,5% par an	Culture du riz, élevage de gros bétail, combustion de biomasse, combustibles fossiles, fuites de gaz naturel
Dioxyde d'azote	N ₂ O	0,3 ppm	20 à 100 ans	0,25% par an	Engrais artificiels, micro-organismes du sol
Ozone (uniquement ozone au niveau du sol)	O ₃	30 ppb	30 à 90 jours	1% par an	Formé indirectement par les oxydes d'azote, le monoxyde de carbone, le méthane, etc. (trafic, combustibles fossiles, industrie)
Chlorofluorocarbones	«CFC»	0,4 ppb	50 à 200 ans	4% par an	Agents propulseurs dans les aérosols, fluides frigorigènes, agents d'expansion pour mousses synthétiques
Tétrachloro-carbone	CCl ₄	0,4 ppb	60 ans		Produits de nettoyage, industrie

- Derrière le CO₂ généré par les transports, les réfrigérants sont la 2^{ème} cause de l'effet de serre.

1) Historique et impact des réfrigérants sur la planète :

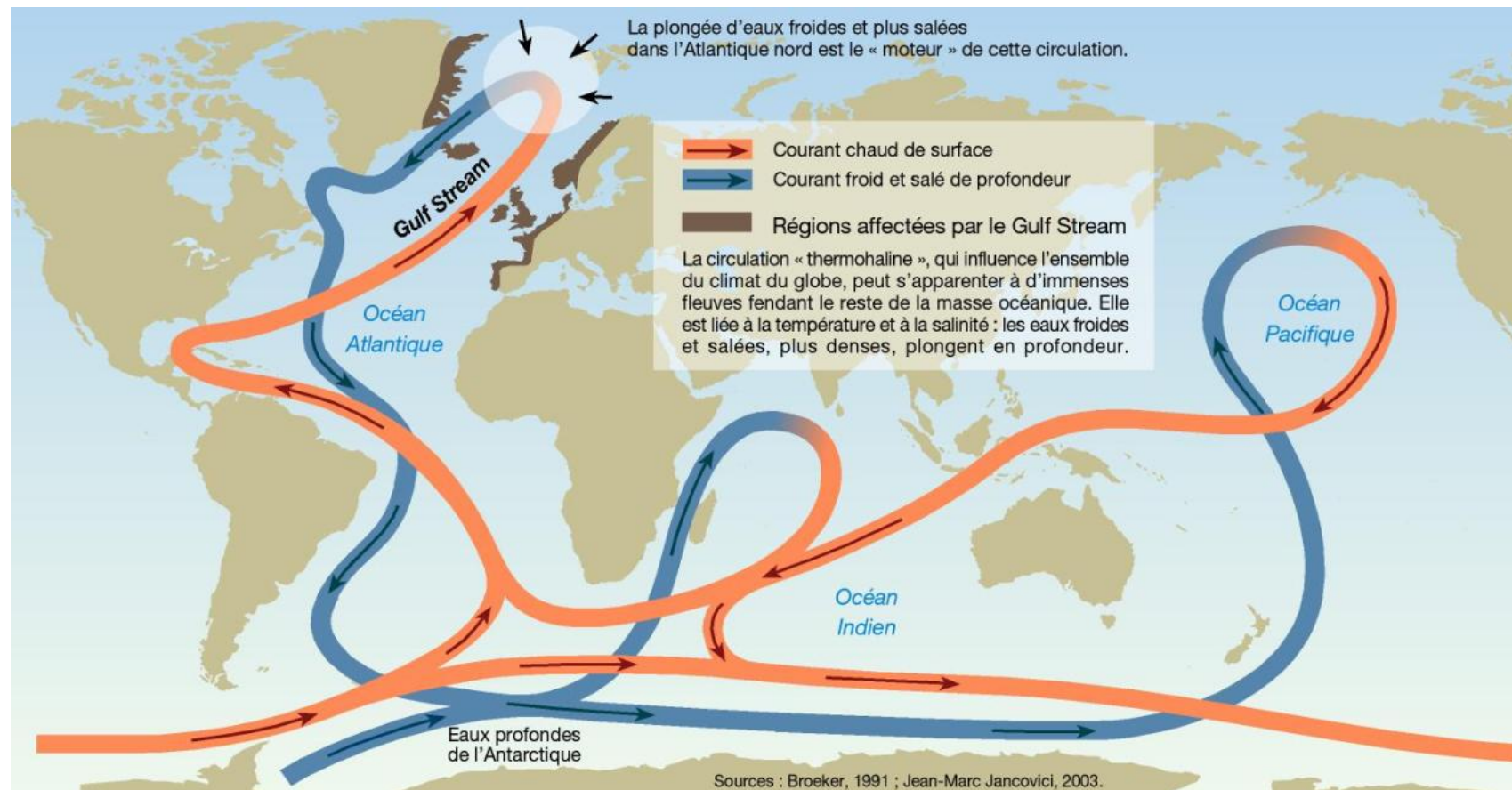
- Malgré la mise en place de l'ORRChim en 2004 qui induit la déclaration, les vignettes, les carnets d'entretiens et le contrôle annuel de fuites obligatoire, à partir de 3kg de réfrigérant, il y a encore trop de fuites dans l'atmosphère.
- Les fluides résident dans l'atmosphère pendant plusieurs années avant d'être détruits et absorbés par la planète. L'effet de serre des réfrigérants est dû à la taille de la molécule, de ses propriétés de réflexion et de son temps de séjour atmosphérique.
- Le temps de séjour atmosphérique des fluides est de :
 - 50 ans à 200 ans pour les CFC
 - 10 ans à 40 ans pour les HFC
- Chaque fluide a un temps de séjour différent en fonction de ses propriétés.

1) Historique et impact des réfrigérants sur la planète :

- Conséquences de l'effet de serre sur la planète :
 - Réchauffement de la planète =>
 - Augmentation de la température =>
 - Extrême climatique favorisé =>
 - Fontes des glaces =>
 - Augmentation de la masse d'eau douce => +
 - Augmentation du niveau des mers et océans =>
 - Diminution de la salinité des océans =>
 - Perturbation majeure des courants marins tels que le Gulf Stream dans l'Atlantique nord.
- Conséquences sur le long terme encore totalement inconnues.

1) Historique et impact des réfrigérants sur la planète :

- Conséquences de l'effet de serre sur la planète :

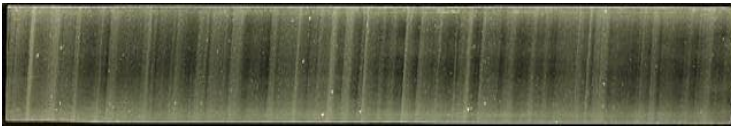


1) Historique et impact des réfrigérants sur la planète :

- Mesure de l'effet de serre sur la planète :

Grâce à l'analyse de l'air piégé dans les glaces, la composition gazeuse de l'atmosphère est connue depuis plusieurs centaines de milliers d'années. Jusqu'à présent les archives glaciaires restent l'unique moyen d'avoir accès à cette information en continu.

Les glaces polaires ont ainsi apporté des informations capitales sur l'évolution des teneurs passées en CO₂ et CH₄, les deux principaux gaz à effet de serre dont l'augmentation croissante dans l'atmosphère est liée aux activités humaines.

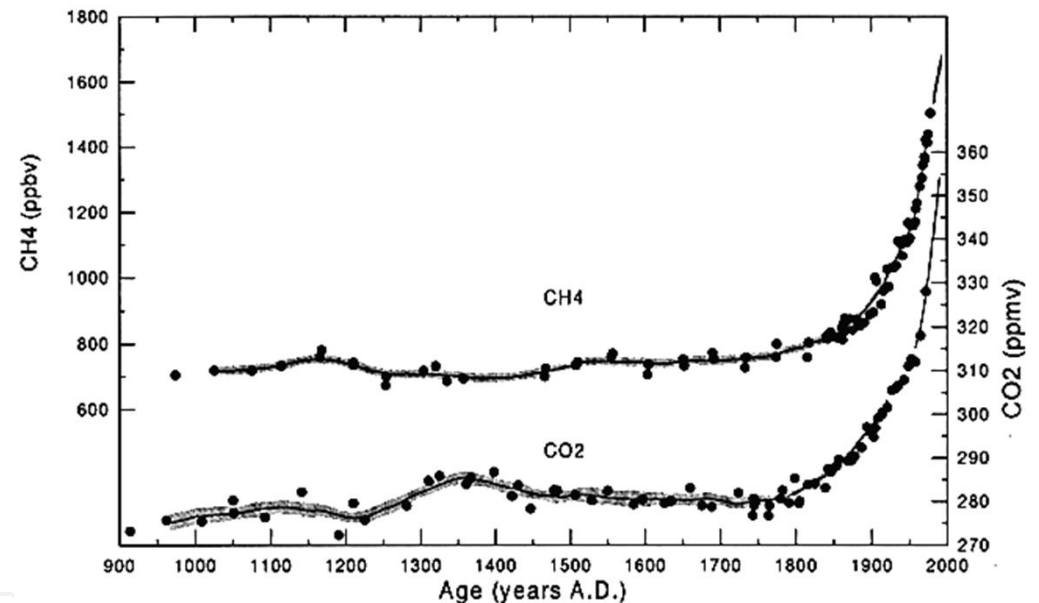


L'analyse des bulles d'air emprisonnées dans la glace permet de retracer l'histoire du dioxyde de carbone et du méthane, sur des périodes allant de quelques dizaines d'années à plus de 200 000 ans.

Conclusion

Augmentation d'environ 25% de la teneur en CO₂ et environ 150% de la teneur en méthane.

Portion de carotte du forage GISP2 à la profondeur de 1837 m : les couches annuelles sont visibles.



1) Historique et impact des réfrigérants sur la planète :

- L'unité de mesure de l'effet de serre sont les kilogrammes de CO₂: les fabricants de réfrigérants ont donc converti le potentiel d'effet de serre de chaque fluide frigorigène en équivalent CO₂. On parle de «GWP» en anglais ou «Potentiel d'effet de serre PRG».
- Par exemple le GWP du R404A est de 3780 kg de CO₂ recyclable sur 100 ans. R134A = 1430).
- Ce calcul de GWP est aujourd'hui un facteur clé de l'avenir politique et économique des pays, car il conditionne le choix des clients et des professionnels de la branche.
- Le Danemark à lui décidé, par exemple, de presque totalement interdire les HFC depuis 2006; il le fait en imposant une taxe d'environ 100 Euro au kg de R134a en plus du prix du réfrigérant. Ceci à forcé les acteurs du métier à développer d'autres technologies pour faire fonctionner les installations frigorifiques. L'apparition en masse du réfrigérant CO₂-R744 dans les supermarchés, est un bel exemple de ce que l'on peut faire aujourd'hui avec les fluides naturels.

1) Historique et impact des réfrigérants sur la planète :

- La climatisation automobile n'as pas du tout été épargnée non plus, la norme européenne F-Gas a décider qu'à partir du 01.01.2017 plus aucun véhicule ne peut être climatisé avec un réfrigérant qui à un GWP supérieur à 150. Ce lobby puissant à un induit la création de la 4^{ème} génération de réfrigérant, les HFO.
- Si on résume: les CFC sont interdits, les HCFC sont interdits, les HFC tolérés provisoirement tant que l'état de la technique ne permet pas autre chose (défini selon l'ORRChim présenté par M. Horisberger). Pendant ce temps, les fluides naturels eux sont toujours là....
- Et en Suisse alors c'est quoi l'avenir ?

2) Choix des alternatives de réfrigérants et applications pratiques :

- Comme vous l'aurez compris, l'avenir de nos HFC est donc incertain, il est impossible de garantir ou de savoir ce que la Confédération décidera ces prochaines années.
- Ce qui est sûr, c'est que cela ne va pas aller dans le sens des HFC. Actuellement l'Europe a décidé d'interdire les fluides frigorigènes qui ont un GWP supérieur à 2500. La Suisse quant à elle met la limite à 2000. Cela concerne directement le R410A, par exemple.
- En fonction de l'état de la technique, ces valeurs ne vont faire que descendre ces prochaines années. Un jour cette valeur sera très probablement en-dessous de 1000, voire plus bas, et le R134a, notamment sera totalement interdit à la recharge... Reste à savoir quand ???

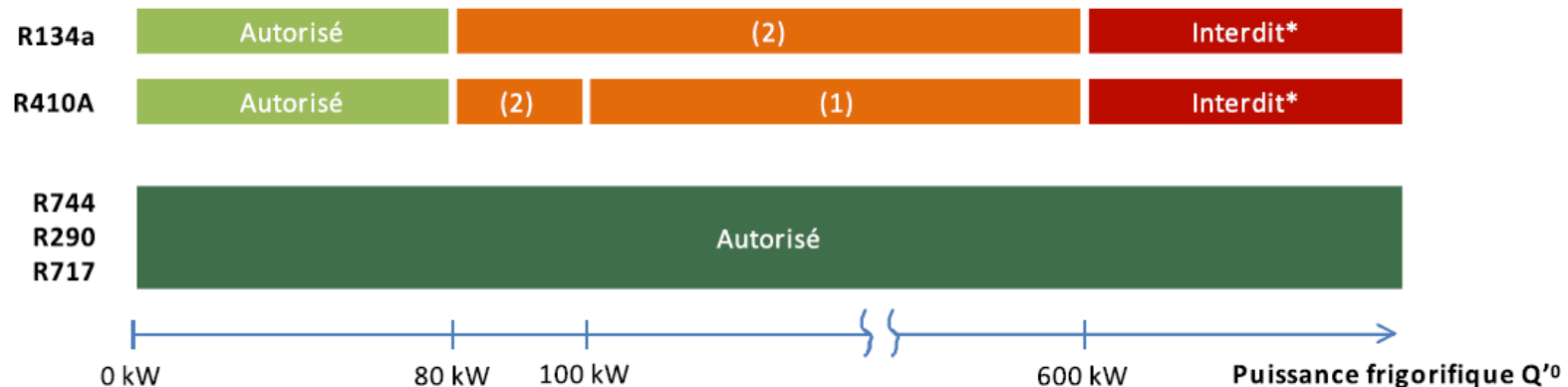
2) Choix des alternatives de réfrigérants et applications pratiques :

- La dernière révision de l'ORRChim actuellement en vigueur (dont le cahier technique n'est pas encore sorti) apporte quelques modifications pratiques importantes :
- La plus importante est que les demandes de dérogations qui aboutisse à l'autorisation d'installer des fluides HFC ne se fera plus de manière cantonale à partir du **01.01.2015**. C'est la Confédération, via l'OFEV qui sera en charge dorénavant de délivrer les autorisations aux utilisateurs/clients finaux.
- La puissance de l'installation (Q_o) se rapporte à l'ensemble de l'installation destinée à une même application et pour des différences de température optimisées selon le manuel de la campagne «Froid efficace».
- Vous ne pourrez donc plus faire 2 installations, divisant ainsi la puissance par 2.

2) Choix des alternatives de réfrigérants et applications pratiques :

- En ce qui concerne la climatisation de confort, le R134a est encore utilisable en détente direct jusqu'à 80 kW et jusqu'à 600 kW avec maximum 2 évaporateurs ou un circuit frigoporteur. Au-delà de 600 kW, il faudra faire une demande de dérogation à la confédération.

Installations de climatisation (confort)

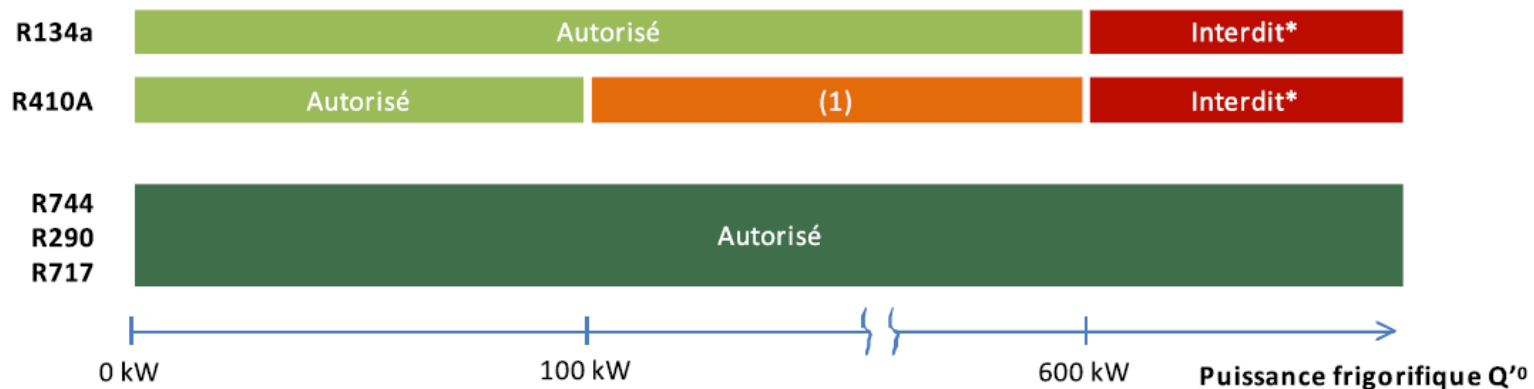


- Le R410A est encore utilisable en détente directe jusqu'à 80 kW et jusqu'à 100 kW avec un circuit caloporteur et maximum 2 évaporateurs ou un circuit frigoporteur. Cela monte jusqu'à 600 kW avec un circuit frigoporteur. Au-delà demande de dérogation obligatoire.

2) Choix des alternatives de réfrigérants et applications pratiques :

- En ce qui concerne les PAC de confort, le R134a est encore utilisable jusqu'à 600 kW (car on part du principe que celle-ci sont de toutes façon équipées de réseaux calo et frigoporteur). Alors que le 410A est toléré jusqu'à 100 kW en direct ?? Et 600 kW avec circuit caloporteur ?
A clarifier

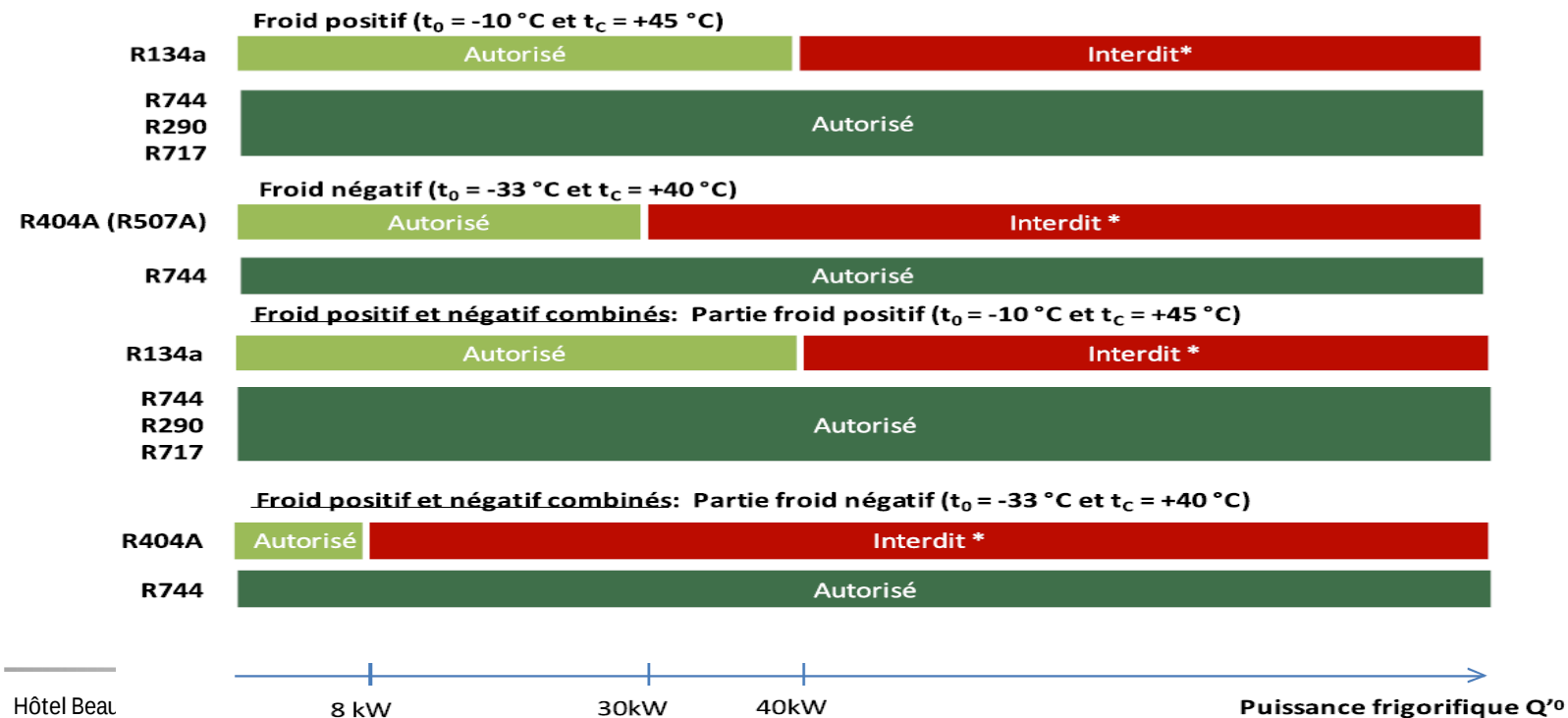
Pompes à chaleur (confort)



2) Choix des alternatives de réfrigérants et applications pratiques :

- En ce qui concerne le froid commercial, le R134a est encore utilisable jusqu'à 40 kW en détente directe. Sinon, c'est demande d'autorisation; mais là c'est dur de justifier car le CO2 peut être utilisé presque partout maintenant dans ce domaine.

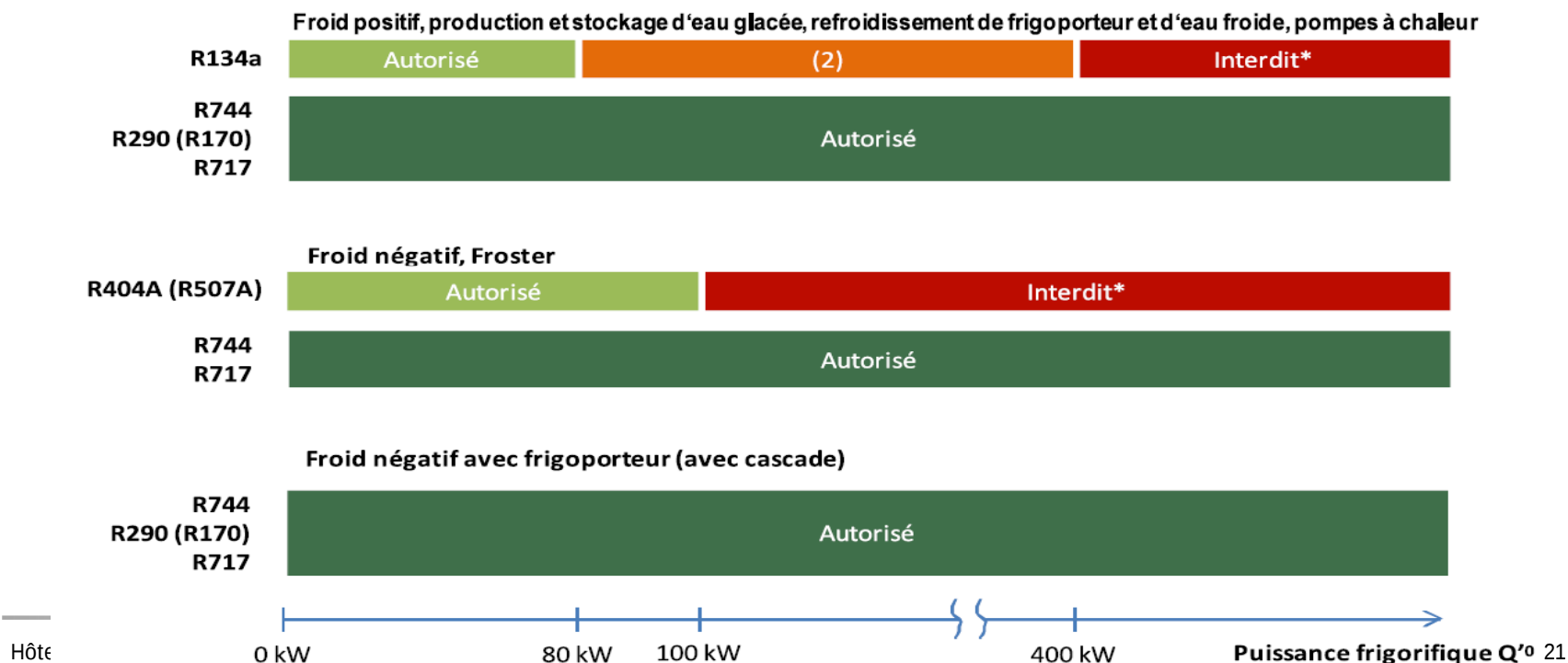
Installations de réfrigération commerciale



2) Choix des alternatives de réfrigérants et applications pratiques :

- En ce qui concerne le froid industriel, le R134a est encore utilisable jusqu'à 80 kW en détente directe. Sinon c'est demande d'autorisation. La justification peut-être valable pour des raisons de sécurité uniquement.

Installations de réfrigération industrielle



2) Choix des alternatives de réfrigérants et applications pratiques :

- La différence entre froid industriel et froid commercial est simple: FC c'est si le propriétaire ou l'utilisateur de l'installation vend ses produits directement au consommateur.
- La différence entre climatisation de confort et industriel dépend de l'utilisation du froid ou du chaud car c'est valable également pour les PAC. Si celui-ci refroidi un procédé servant à la fabrication, peu importe de quelle manière, l'installation sera classée en industriel FI. Si le froid est utilisé pour refroidir des serveurs par exemple, celle-ci sera classée en industriel.
- Si l'installation par exemple refroidi de l'eau glacée pour les batteries de froid des monoblocs destinés à la climatisation et au confort de l'homme, celle-ci sera classée en confort FCI.
- Mais que faire alors si l'eau glacée refroidi et les serveurs et le confort de l'homme ???
Demandons le à M. Horisberger pour voir ;-)

2) Choix des alternatives de réfrigérants et applications pratiques :

- Ce qui n'a pas changé :
- A partir de 3kg de réfrigérant, l'installation doit être déclarée, une vignette doit être collée, le carnet d'entretien doit être sur l'installation dûment rempli, et le propriétaire de l'installation doit faire faire un contrôle de fuite annuel.
- Toutes les installations ou groupes doivent être construit selon SN EN378 et l'OESP 97/23/CE
- A partir de 50kg de réfrigérant, l'installation doit être équipée d'un détecteur de réfrigérant signalant la fuite au personnel de maintenance.
- Le local contenant les installations frigorifiques doit impérativement être ventilé correctement selon la norme SN EN378.

2) Choix des alternatives de réfrigérants et applications pratiques :

- Applications pratiques
- Que faire donc si vous êtes au-delà des 600kW par exemple et que le propriétaire se voit refuser sa demande de dérogation ?
- Les fluides naturels deviennent donc obligatoire, est là attention on ne peut pas faire n'importe quoi car la sécurité des personnes est en jeu. Il faut faire appel à des spécialistes car les normes de sécurité sont très exigeantes et précises.
- Dans le cas de l'ammoniac (R717), la toxicité doit être maîtrisée par la détection et la ventilation conçue pour. A partir de 2000 kg, attention à la norme OPAM.
- Dans le cas du CO2 (R744), la pression doit être maîtrisée par le circuit, car à une température ambiante de 20°C, la pression du CO2 est déjà de 56 bar.
- Dans le cas du propane (R290), l'explosivité doit être maîtrisée dans le local et il doit être construit selon les normes d'explosivité EX.

2) Choix des alternatives de réfrigérants et applications pratiques :

- Applications pratiques
- Il ne faut pas en avoir peur, ce sont des fluides qu'il faut respecter.
- Leurs performances énergétiques sont très proches de ce qui fait de mieux actuellement sur le marché, voire bien meilleur lorsque la température d'évaporation s'abaisse.
- Voici un exemple de transformation d'un data center qui démontre que l'on peut passer aux fluides naturels, tout en optimisant grandement les performances énergétiques.

2) Choix des alternatives de réfrigérants et applications pratiques :

Data Center à Bussigny

Ancienne installation :

4x Compresseurs centrifuge	Turbo
Fluide :	R11
	CFC
Quantité de réfrigérant:	300 kg (u)
Puissance frigorifique :	1'000 kW (u)
Régime eau glacée :	+6°C / +12°C
Puissance condensation :	1'460 kW (u)
Régime condensation :	+41°C / +50°C
Type de condensation :	Air sec
Free-cooling :	Eau glycolée
COP Global moyen :	4.1
COP Max en free-cooling :	16
Consommation électrique pour le froid :	

4'185 MWh/an



Source : Cofely SA Lausanne

2) Choix des alternatives de réfrigérants et applications pratiques :

Data Center à Bussigny

Nouvelle installation :

4x Compresseur à pistons ChillPAC 112LR

Fluide : Ammoniac
R-717 (NH³)

Quantité de réfrigérant : 50 kg (u)

Puissance frigorifique : 1'200 kW (u)

Régime eau glacée : +13°C / +17°C

Puissance condensation : 1'300 kW (u)

Régime condensation : +28°C / +34°C

Type de condensation : Tour humide

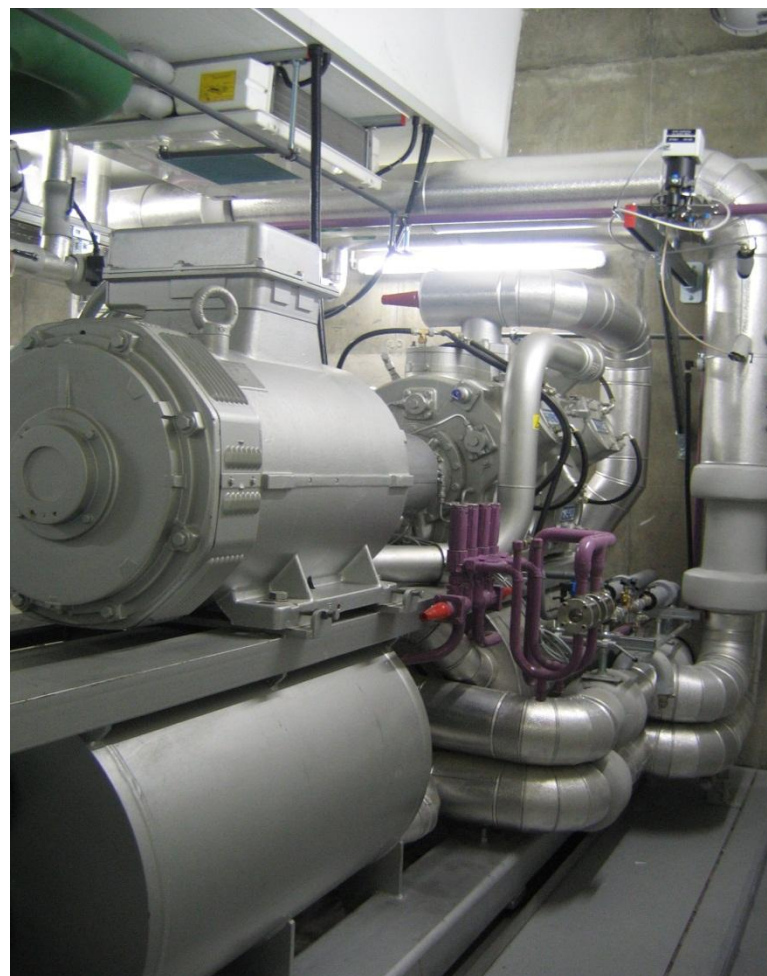
Free-cooling : Direct

COP Global moyen : 9.1

COP Max en free-cooling : 45

Consommation électrique pour le froid :

1'882 MWh/an

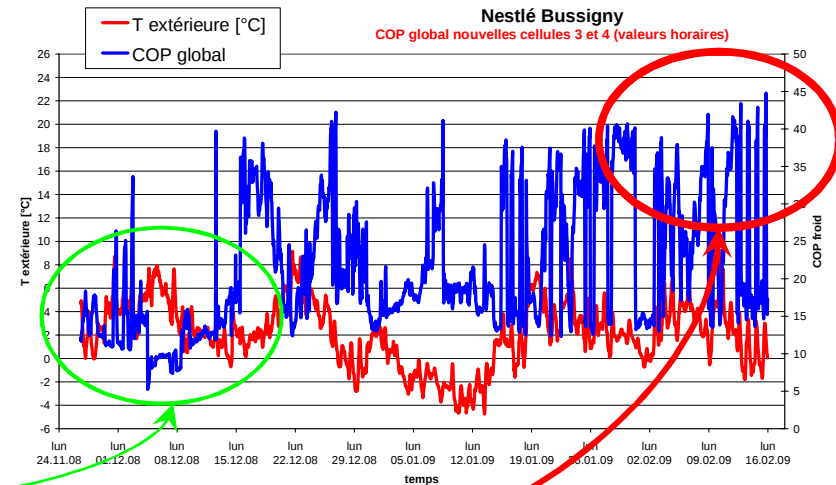
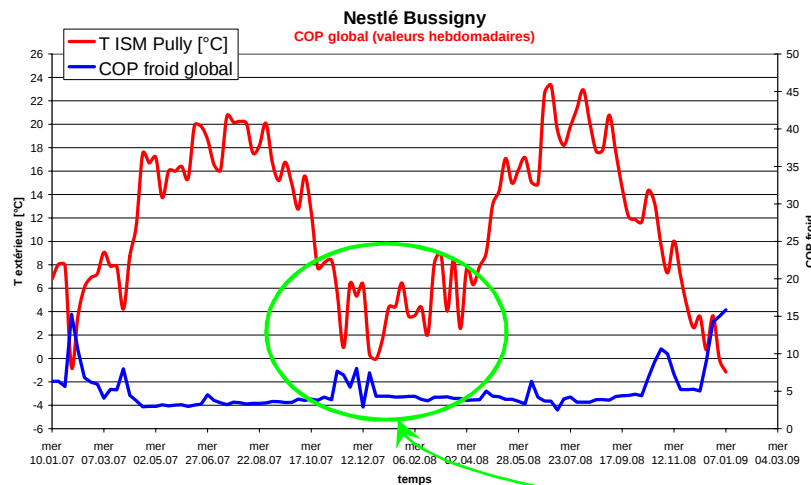


Source : Cofely SA Lausanne

2) Choix des alternatives de réfrigérants et applications pratiques :

Data Center à Bussigny Comparatif technique :

- Ancienne production
- Nouvelle production



climat similaire mais COP plus élevé...

COP maximum possible en free-cooling

Source : Cofely SA Lausanne

2) Choix des alternatives de réfrigérants et applications pratiques :

Data Center à Bussigny

Comparatif financier :

demande froid	17'071	MWh/an
<i>Caractéristiques ancienne production</i>		
COP global moyen (annuel)	4.1	
conso électrique	4'185	MWh/an
<i>Caractéristiques nouvelle production</i>		
COP global moyen (annuel)	9.1	
conso électrique	1'882	MWh/an
<i>Estimation des économies électriques</i>		
économie	2'303	MWh/an
soit	55%	
ou encore	276'362	CHF/an
tarif électrique moyen	0.12	CHF/kWh
<i>Impact des tours humides sur les consommations d'eau et de sel</i>		
augmentation conso eau	38'308	m3/an
soit	109'178	CHF/an
augmentation conso sel	18'600	kg/an
soit	13'950	CHF/an
surcôuts eau et sel	123'128	CHF/an
tarif eau moyen (avec épuration)	2.85	CHF/m3
tarif sel moyen	0.75	CHF/kg
économie nette	153'235	CHF/an

2) Choix des alternatives de réfrigérants et applications pratiques :

Data Center à Bussigny

Comparatif de l'impact écologique :

- Substitution du R11 par un fluide naturel le R717 (ammoniac – NH_3)
- Réduction des consommations électriques
 - Impact CO_2 si l'on considère le mix européen de production électrique, soit émission de 409.7 g CO_2 / kWh électrique
 - Pas d'impact CO_2 si l'on considère le niveau Suisse (hydraulique et nucléaire, soit zéro CO_2)

Bilan CO_2 en considérant le mix européen

émission production actuelle	1'714	Tonnes/an
émission production future	771	Tonnes/an
réduction	944	Tonnes/an
réduction TEWI sur 15 ans	1'214'136	Tonnes CO_2

3) Nouvelle génération de réfrigérants HFO :

- Alors si vraiment vous ne pouvez pas installer des fluides naturels à cause de la sécurité (installation située au centre ville par exemple). Voici peut-être la solution de l'avenir.

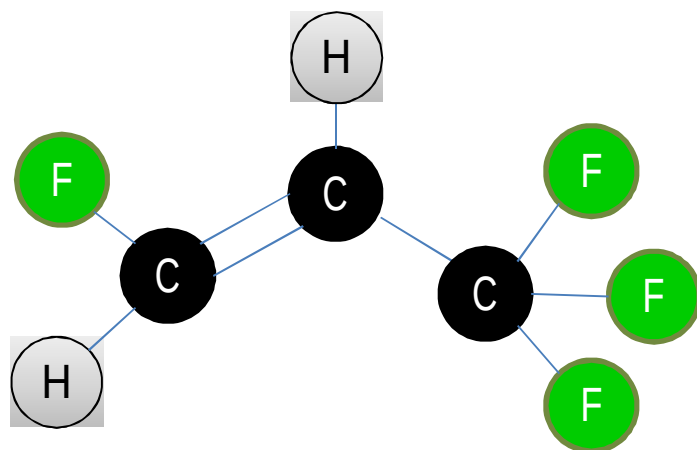
Hydro-Fluoro-Oléfines (tétrafluoropropène)

Une **hydrofluoroléfine** (HFO) est un dérivé fluoré des alcènes. Les HFO sont constitués d'un squelette carboné contenant au moins une liaison double carbone-carbone (alcène), dont l'un ou plusieurs atomes d'hydrogène ont été substitués par un/des atome(s) de fluor, mais pas la totalité. Ils se distinguent des HFC par la présence de cette double liaison. Les HFO sont développés pour être la « quatrième génération » de fluides frigorigènes (réfrigérants), avec un potentiel de réchauffement global (PRG) plus faible que celui des HFC.

ODP: non
GWP: très faible

Substitue le R134a en climatisation
Prévu pour la climatisation automobile

HFO



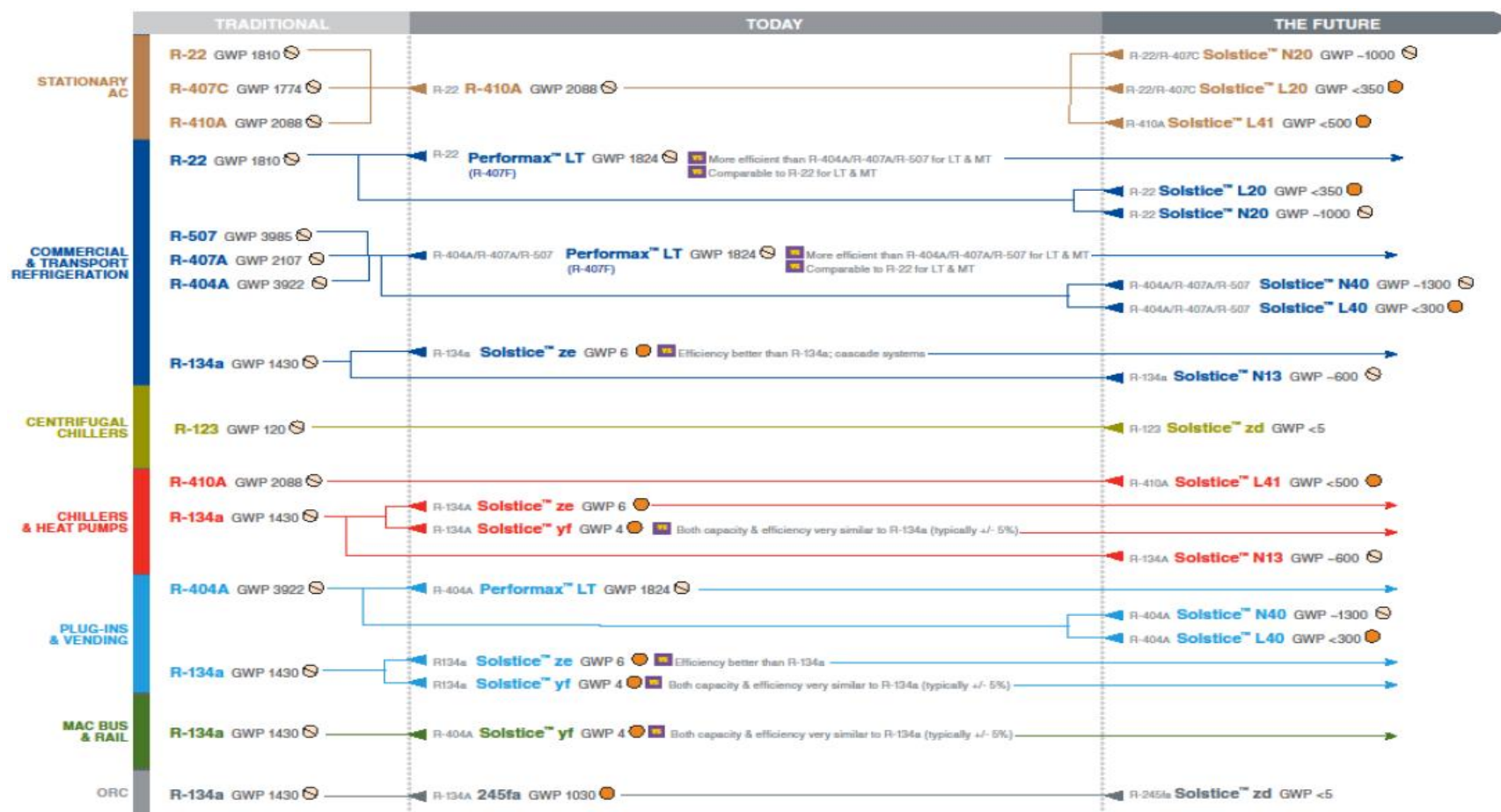
= HFO R-1234ze
= (C3H2F4)

3) Nouvelle génération de réfrigérants HFO :

- Alors est-ce la famille des fluides parfaits ?
- Malheureusement non...même si leur durée de séjour atmosphérique est fortement réduite et par conséquent leur GWP presque nul (ne s'inscrit pas dans le cadre de l'ORRChim), les molécules du fluide (Hydrogène, Fluor et Carbone) sont ramenées au sol par la pluie.
- Donc oui, ils ont résolu le problème de l'effet de serre, mais il est possible qu'il y ait des conséquences encore inconnues sur la pollution du sol.
- Certains de ces fluides sont inflammables et sont classés en catégorie de risque A2, il faut donc que le local contenant ce fluide soit adapté aux normes prescrites par la classes A2.
- Une constante, à chaque nouvelle génération de fluide frigorigène, le prix fait x4 😊.

3) Nouvelle génération de réfrigérants HFO :

- Les fabricants de réfrigérants sont prêts déjà à remplacer tous les fluides actuels :



3) Nouvelle génération de réfrigérants HFO :

- Exemple de Drop-in R1234yf à la place du R134a

Déjà des réalisations



Chillers chargés au Solstice™ ze : performance & réduction de l'empreinte carbone

2011 : Klima-Therm 1^{ère} sté a utiliser le HFO 1234ze
8 mois plus tard : nouvelle 1^{ère} avec l'installation de
2 refroidisseurs Turbomisers de 230 kW unitaire
équipée de compresseurs Danfoss Turbocor TG310
Chez Milton Keynes



Opération effectuée après essais chez Klima-Therm et
validation du 1234 ze par Danfoss pour les
compresseurs Turbocor TG310

☺ COP = 4 mesuré en fonctionnement à pleine
puissance

4) Présentation des résultats du projet pilote 2013 de contrôle ORRChim dans le canton du Valais

- Le canton du Valais a mandaté l'ASF en 2013 pour contrôler les propriétaires d'installations. Le rôle des experts qui débarquent dans les bâtiments et de recenser toutes les installations frigorifiques et d'établir un procès verbal de conformité au non.
- Sur l'année 2013, sur toutes les installations frigorifiques contrôlées,
- 80% des installations avaient des défauts mineurs, 10% d'entre-elles des défauts majeurs (à refaire presque!)
- seulement 10% étaient totalement conformes à l'ORRChim.
- D'autres cantons romands pourraient bientôt se lancer dans la même expérience...
- Tous les cantons devaient récemment se réunir à ce sujet...
- Peut-être M. Horisberger a-t-il déjà des réponses ?

Conclusion

Le monde du froid est en constante évolution... et plus particulièrement ces 10 dernières années.
Comme vous avez pu le voir, nous n'avons pas encore toutes les réponses.

Arrêtons les classiques jadis appliqués et prenons le temps d'adapter et de réaliser au mieux les installations aux besoins des clients tout en tenant compte des aspects écologique et énergétique, qui concernent notre avenir à tous.

Avec mes remerciements

Nils-André Hutin Svensson