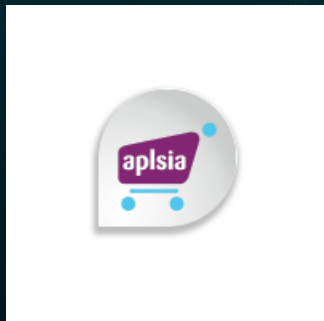




# PRÉSENTATION - ENERGETIQUE REFRIGERATION – FUTUR ÉNERGETIQUE

DOMINIQUE KÖTTGEN

**YOUR COOLING**  
SOLUTIONS



**YOUR COMFORT**  
OUR PRIORITY

02/05/2022

# Le Froid dans le monde

Le saviez-vous?

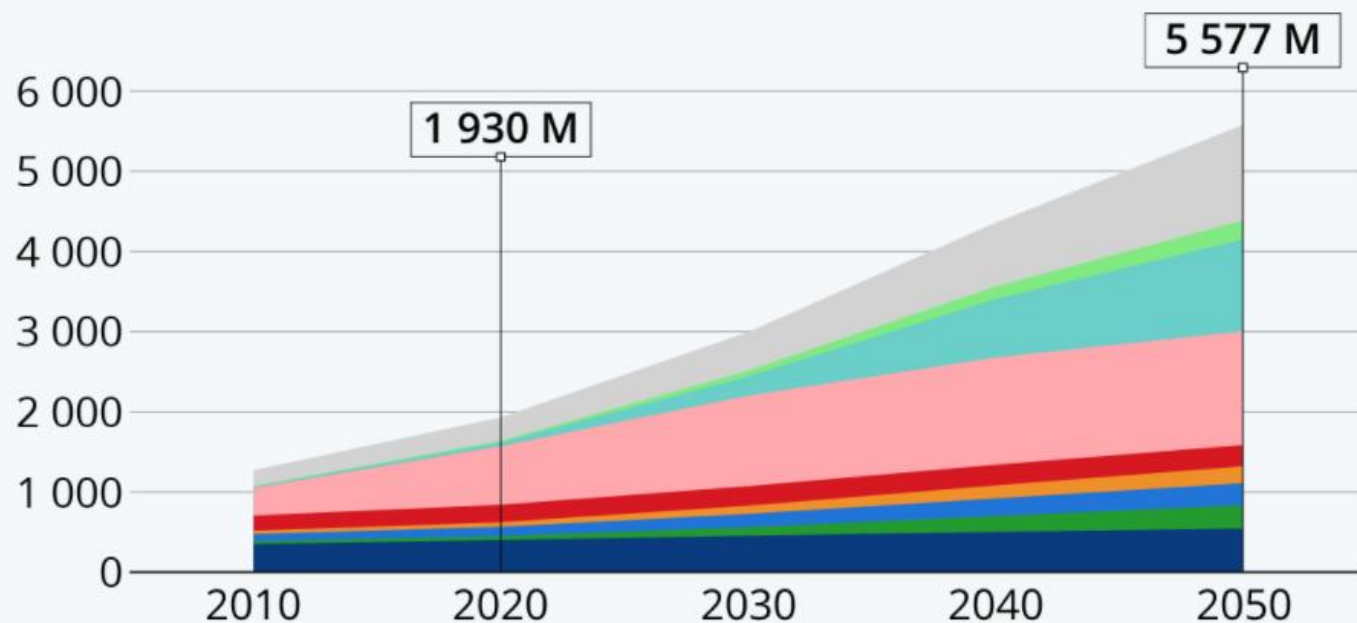




# La demande en climatiseurs s'apprête à exploser

Projection du nombre de climatiseurs dans le monde selon le pays ou la région, en millions d'unités

■ États-Unis    ■ Brésil & Mexique    ■ UE    ■ Moyen-Orient  
■ Japon & Corée    ■ Chine    ■ Inde    ■ Indonésie    ■ Autres



Source : Agence internationale de l'énergie (The Future of Cooling, 2018)



- **Problème environnemental**

- Emissions de CO<sub>2</sub> liées à la consommation électrique du froid

- **Réfrigération**

- = 17% de la consommation électrique mondiale<sup>(1)</sup>

- Production d'électricité et de chaleur

- = 28% des émissions mondiales de CO<sub>2</sub><sup>(2)</sup>

- Emissions indirectes de CO<sub>2</sub> des fluides réfrigérants

- = 2,9% des émissions mondiales équivalentes de CO<sub>2</sub><sup>(3)</sup>

- **Problème sanitaire**

- Augmentation du risque de développement de virus et bactéries suite au réchauffement climatique

- Manque d'équipements de réfrigération pour conservation des médicaments



**FROID BE : +/- 1,000 MW EL**



Sources: (1) IIF 2015; (2) EU 2015 & IEA 2017; (3) IIF 2017

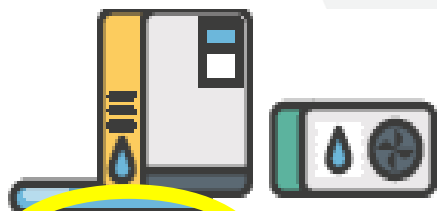


INSTITUT INTERNATIONAL DU FROID  
INTERNATIONAL INSTITUTE OF REFRIGERATION

# Le saviez-vous :



## Un ordre de grandeur



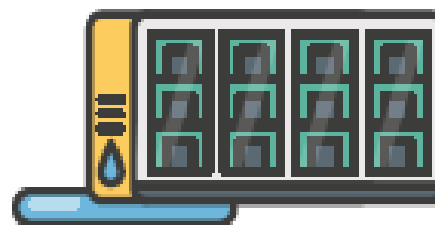
Plus de 6 000 tonnes de fluides s'échappent chaque année des équipements de climatisation, réfrigération ou pompes à chaleur en France



les émissions annuelles de CO<sub>2</sub> de 7 millions de voitures en termes d'impact sur le réchauffement climatique



( VÉHIC 15,000KM/AN)



1 kg de R-404A contenu dans un présentoir de supermarché

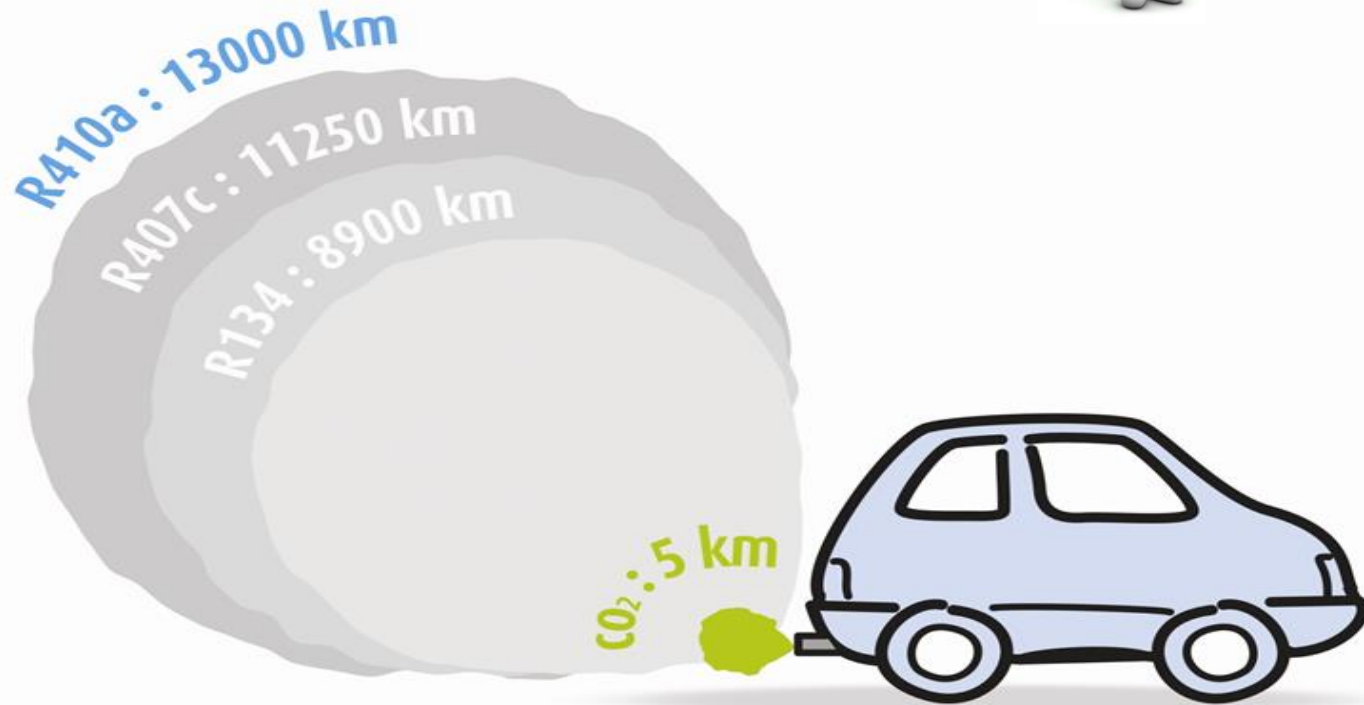


Parcourir un tour du monde (40 000 km) en voiture



**ET UN PAYS COMME LA BELGIQUE IMPORTE 1,000 TONNES, DE GAZ FREON PAR AN ,,,,**

## Le saviez-vous :



CO<sub>2</sub> equivalent emissions of a 200L heat pump water heater depending on its refrigerant

CO<sub>2</sub>: 600g - GWP=1 | R134a: 750g - GWP=1,430 | R407c: 800 grams - GWP=1,700 | R410a: 750g - GWP=2,100

**VALEURS SUR 0,5KG DE FUITE : GAZ PAR TYPE DE GAZ FREON : BIEN CHOISIR SON GAZ F!!!**



## QUANTITE DE GAZ F IMPORTEE EN be 2019 ?

**1,000 TONNES** / AN AVEC UN GWP MOYEN DE 2,000 KG CO<sub>2</sub> EQ  
TF : 30% ET TREC 20%

PARC AUTOMOBILE BE : TAUX MOYEN ÉMISSION : 120 GRAMMES CO<sub>2</sub> /  
KM (VOITURE MODERNE)

LE GAZ F REPRESENTE L'EQUIVALENT DE : (SUR BASE DE 15,000KM/AN

→ PARC DE **750,000 D'AUTOS !!**





**Les fuites de clim représentent 3,5 millions de**  
**Teq CO2 par an en France**



**LA CLIMATISATION EN FRANCE :**

**1,000,000 D'AUTOS À**  
**15,000 KM/AN**



# Le saviez-vous :



- **Il y a 30 ans le **CHU de Liège****
  - 1 MW de froid climatique (CFC ensuite HFC)
  - 8 MW de chauffage (sous-station vapeur)



- **En 2017 **CHR Citadelle****
  - 3 MW NH3



- **En 2019 : **MontLiégia** :**
  - 8 MW de froid
  - 1,3 MW de chauffage (PAC eau-eau NH3)
  - Chaufferie gaz 4 MW

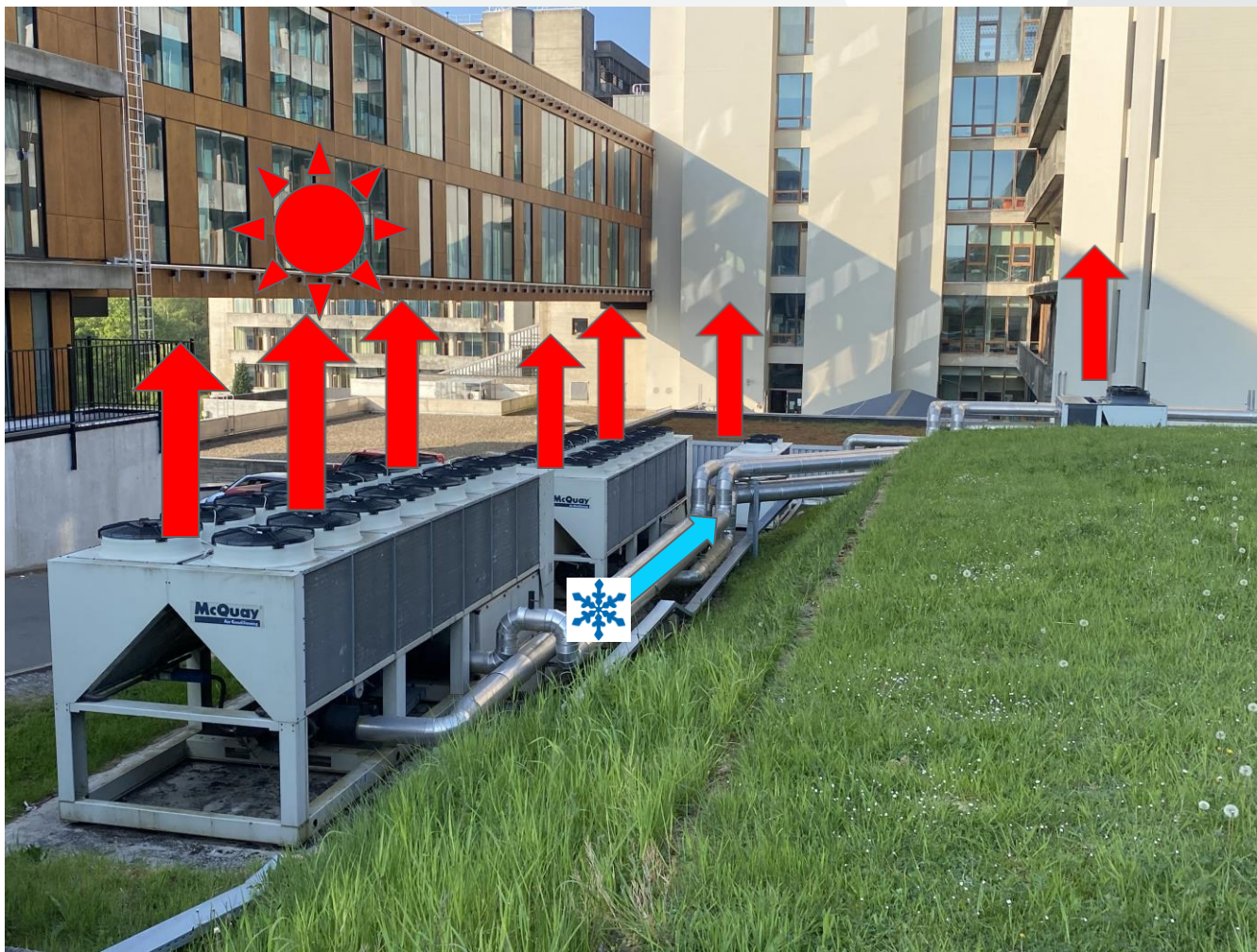


Puissance de Froid futur **projet Hopitaux Charleroi** : 11 MW + cuisines + clim datas  
Puissance de Froid futurs projets Hopitaux de Tournai : 5 à 7 MW

LE CHEMIN EST ENCORE LONG AU NIVEAU DES  
BÂTIMENTS PUBLIC

LE CHU : 100% DES REFRIGÉREURS EN ROUTE  
: 0 RECUP DE CHALEUR !!!! ( T° EXT +11° C)

## Le saviez-vous :



1 MW DE CHAUD



CHU LIÈGE



## Energie frigorifique

- **C'est 65% à 70%** de l'énergie totale en grande distribution et agro +/- 3,500 MAGASINS !
- T° Ville de Liège augmente de **4 à 6°** C en été // power machines de froid (Pr Ernst)
- La demande en énergie frigorifique dépasse la demande en énergie Th en 2019 !!!!!
  
- Le froid : **2ème consommateur après l'Industrie et juste avant le tertiaire (source IIF)**
  - Pollution directe : fluide frigorigène avec effet de serre
  - Pollution indirecte : les Watt consommés doivent être produits
  
- Le froid est partout dans notre vie :



ABATTOIR



TRANSFORMATIO  
N



LOGISTIQUE



TRANSPORT



COMMERCE



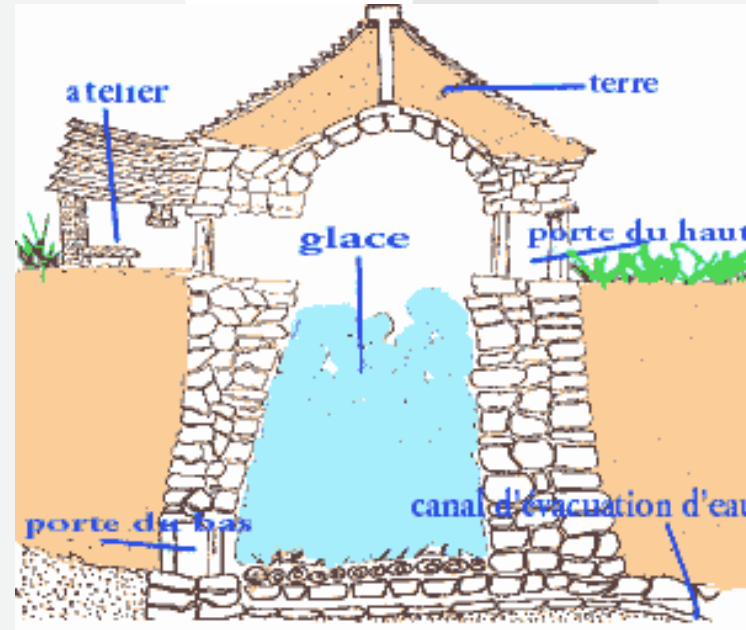


**LA REFRIGERATION EST UN VECTEUR MAJEUR DU RECHAUFFEMENT CLIMATIQUE**

**IL N'EST PAS TROP TARD ? MAIS UN PETIT HISTORIQUE S'IMPOSE**

# Au moyen âge

, la glace naturelle récoltée sur les étangs était conservée dans des caves installées généralement à proximité des châteaux



1685 : **Philippe le Hire** découvre qu'un linge imbibé d'éther éthylique provoque un Refroidissement du tissu.

1684 : études des scientifiques **Boyle et Mariotte** sur les gaz et leur comportement physique.

1819 : étude de **James Watt** sur les cycles des machines à vapeur.

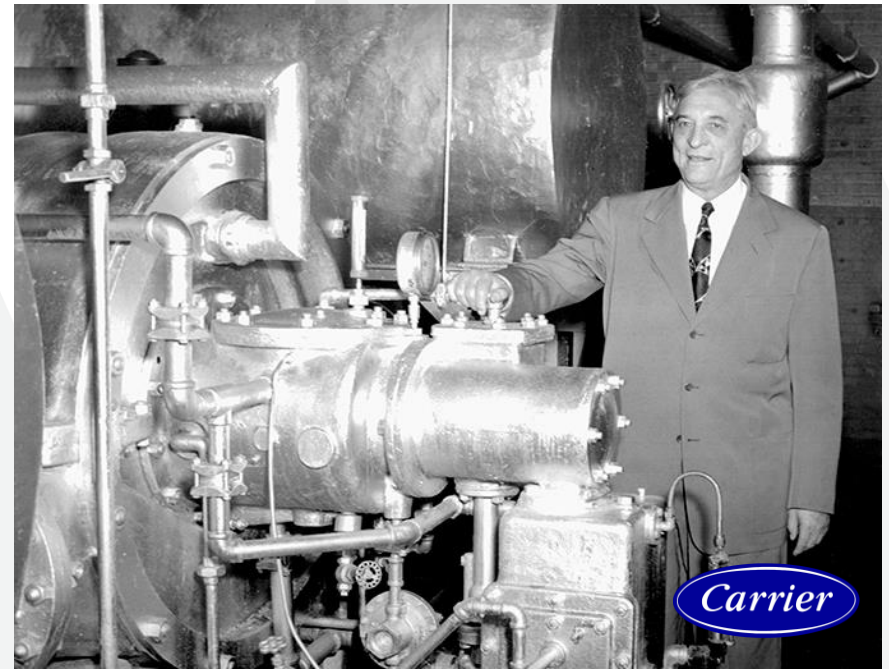
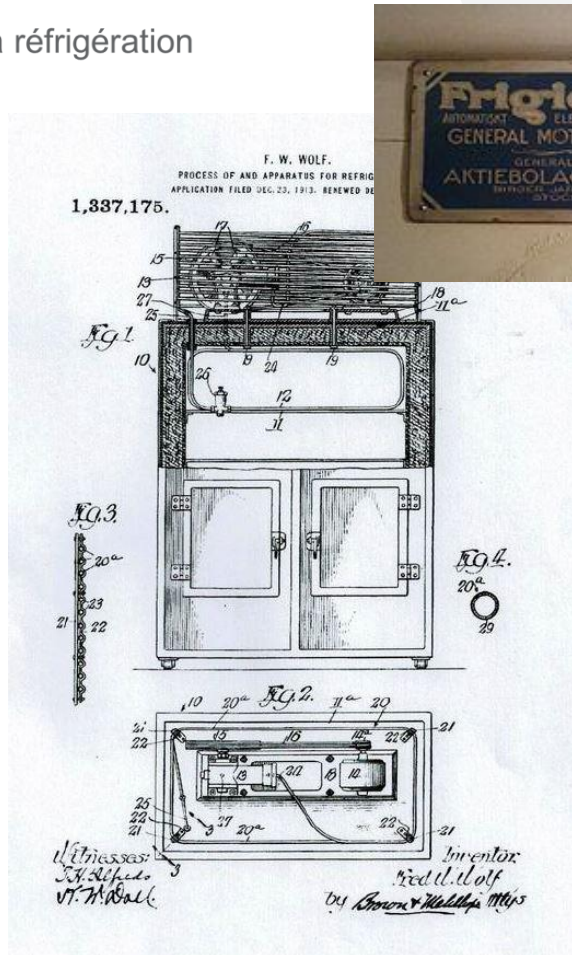
1832 : étude de **Sadi Carnot** sur les principes de transfert de chaleur et notion de travail  
Qui ouvrit les portes du second principe de la Thermodynamique.

1850 : étude de **Gay-Lussac** sur les comportements gazeux.

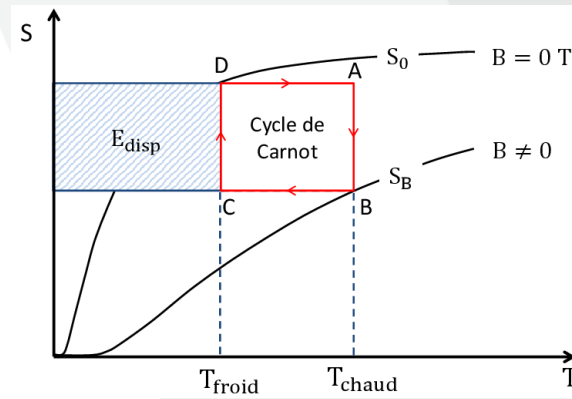
Pour connaître le présent

Un bref retour dans l'histoire

De la réfrigération



**IR WILLIS CARRIER ( 1876 - 1950 )  
PREMIÈRE MACHINE DE CLIMATISATION (USA)**

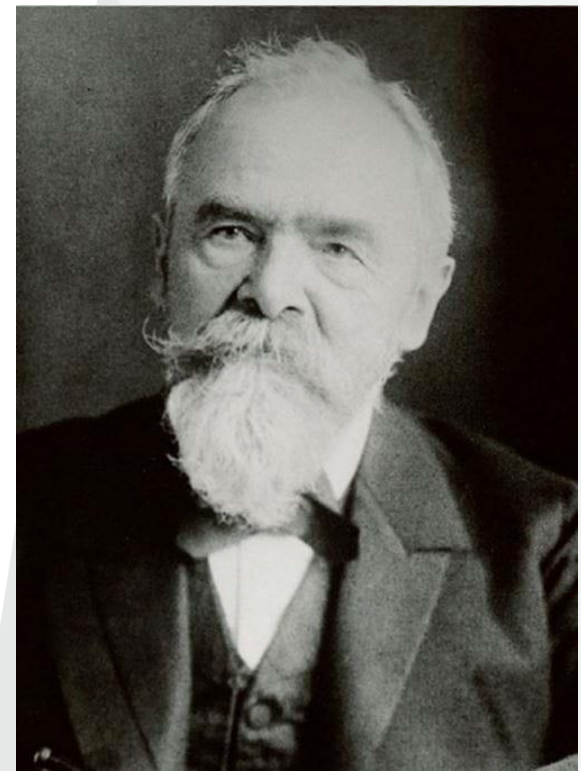
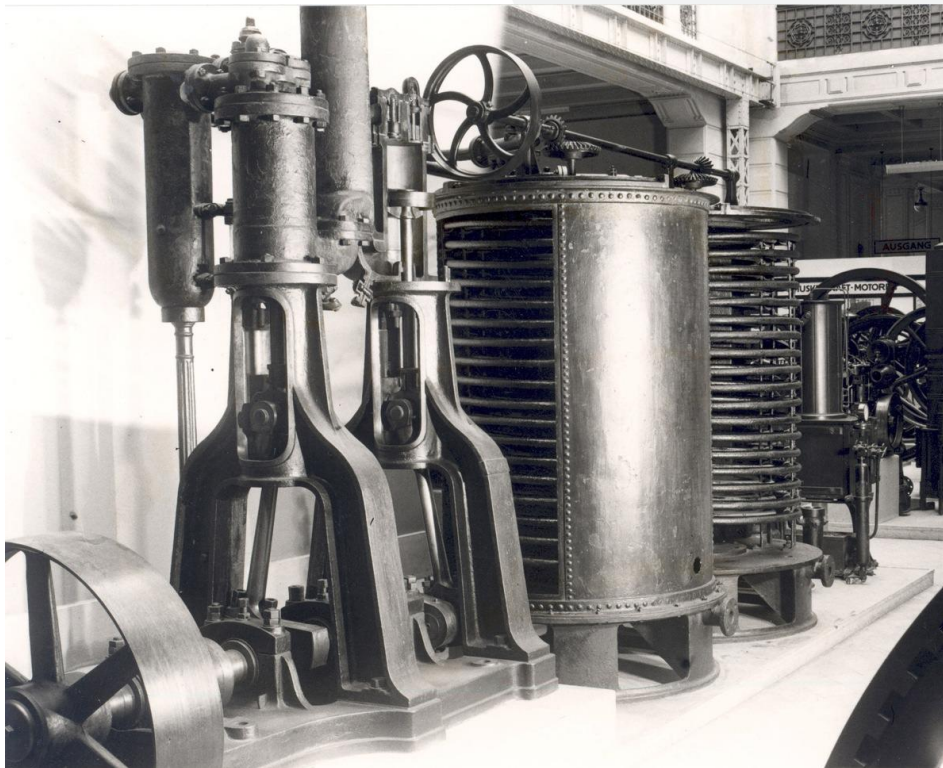


**SADI CARNOT  
1837 - 1894)**

**1916 : PREMIER  
"FRIGIDAIRE" (USA)**

## Cycles thermiques , par compression de vapeur ammoniac

**1880** : PREMIER REFRIGERISSEUR A COMPRESSION DE VAPEUR EN VERSION INDUSTRIELLE



**NH<sub>3</sub>**

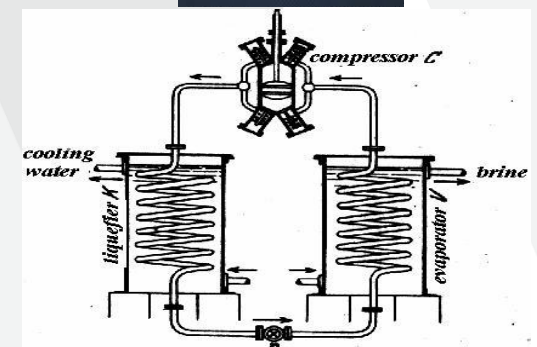
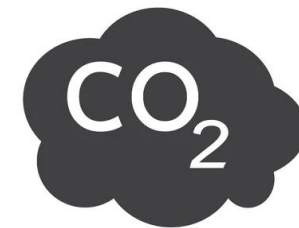
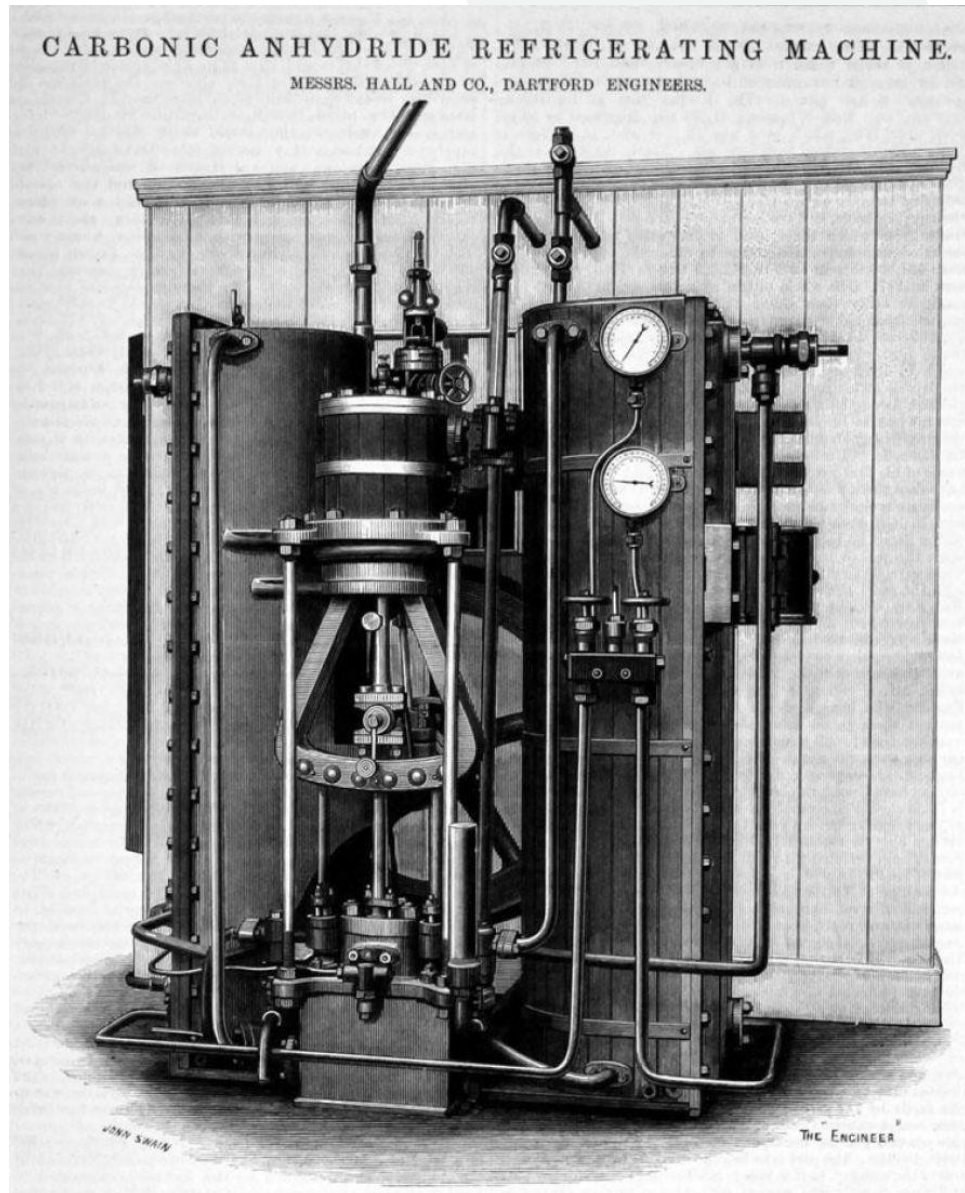


Fig. 372 Scheme of a refrigerator (doubly acting ammonia compressor of Carl von Linde). The tube in the evaporator *V* contains liquid ammonia and is surrounded by heat loaded brine from the refrigeration space. The tube in the liquefier *K* contains condensed gaseous ammonia and is surrounded by cooling water

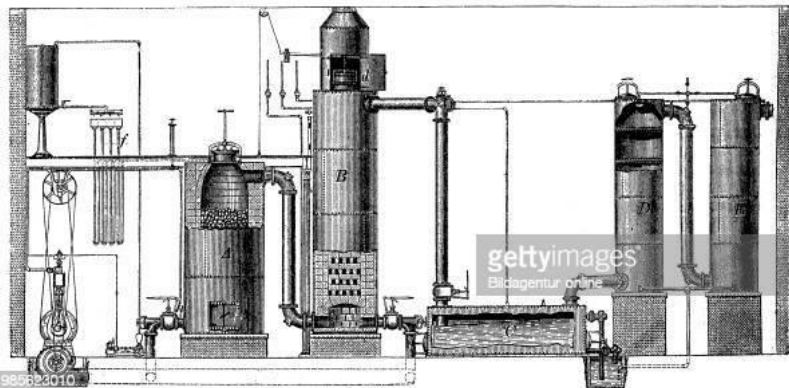
**IR THADDEUS LOWE**  
**1832 - 1913**

**1885** : PREMIER REFROIDISSEUR FLUIDE CO<sub>2</sub> (SUB)

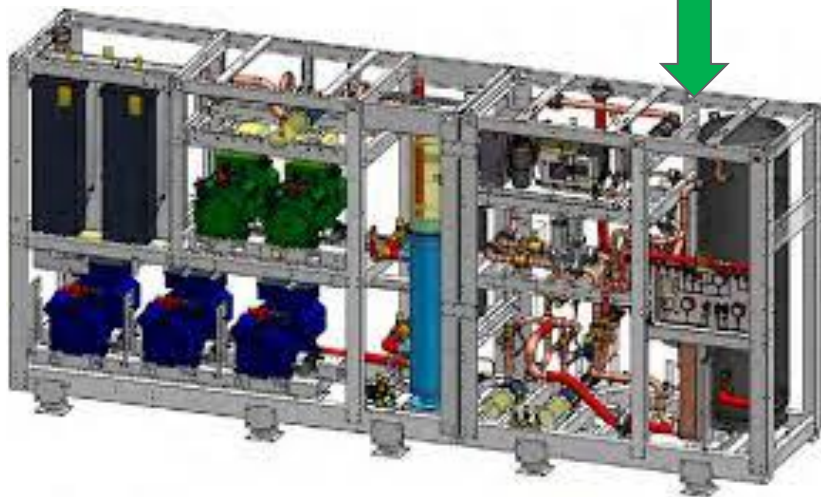


**CYCLE DE COMPRESSION SUB-CRITIQUE  
DE VAPEUR DE DIOXYDE DE CARBONE**

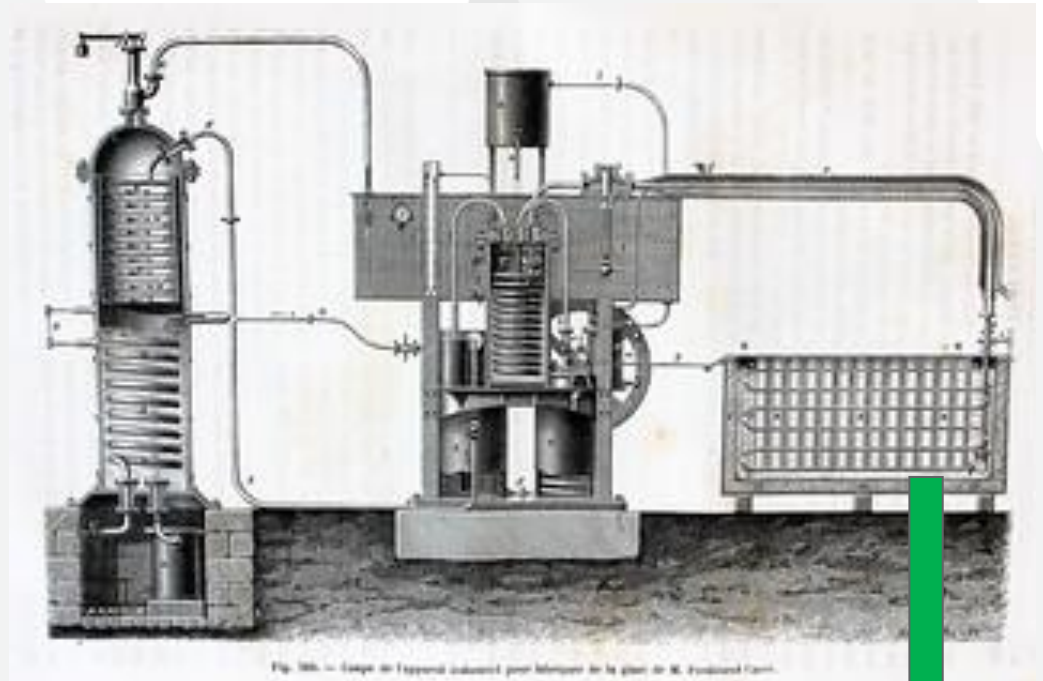




**1885** : CO2 SUB CRITIQUE



**2022** : CO2 TRANSCRITIQUE



**1880** : PRODUCTION SAUMURE -4° C - NH3



**2022** : PRODUCTION GLYCOL -4° C NH3

MAIS : ENTRE 1880 ET 2022

**REPLACEMENT DU NH<sub>3</sub> PAR CFC POUR PETITE ET  
MOYENNES PUISSANCE EN 1930 PAR LA SOCIETE  
GM-FRIGIDAIRE**

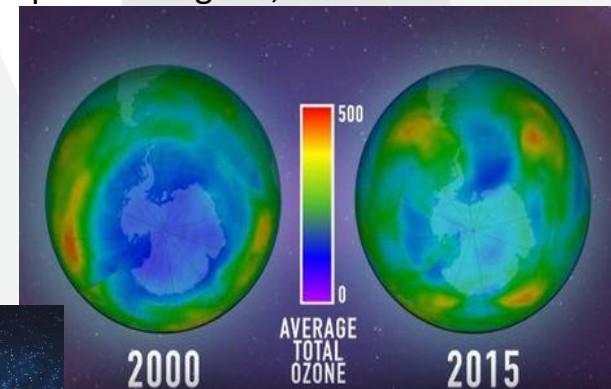
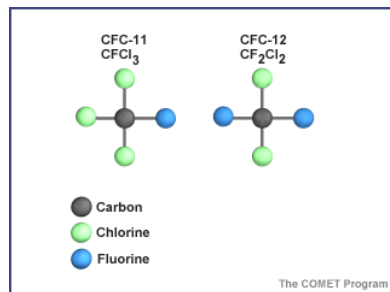
**ET..... ?**



## LES CFC (1930-1990)

Dans le but de recherche de fluides frigorigènes non toxiques et non inflammables, alternatifs aux éthers, ammoniac et Co<sub>2</sub>, une équipe Américaine de la Société Américaine **FRIGIDAIRE** mis au point en **1930** les premiers frigorigènes fluorés. Les premiers "gaz F, communément appelés Fréon, font leur apparition.

### -Les CFC – Chlorofluorocarbones en 1931

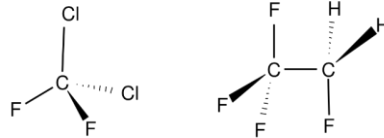


Ces fluides ont été utilisés en masse jusque dans les années 80, tant en réfrigération, que dans le domaine des gaz propulseurs (spray), dans les isolants.

Les CFC ont été **interdits** depuis 1987 **suite au protocole de Montréal**, en effet, il a été démontré par l'Américain **Molina** En **1974**, que le CFC et ses molécules chlorées détruisent la couche d'ozone stratosphérique, nécessaire à la filtration des UV solaires qui sont très nocifs pour l'homme. Découverte Dans les années 1980 du "Trou dans la couche d'ozone grâce aux relevés des satellites. L'augmentation du nombre de Cancers de la peau est constaté par le monde scientifique médical.



## -Les HCFC - Hydrochlorofluorocarbones en 1960



Dichlorodifluoromethane

Tetrafluoroethane

Le plus connu est le R22, utilisé en très grande quantité dans le froid Industriel et commercial (Grande Distribution).

Ces molécules d'hydrochlorofluorocarbones, ont permis une transition "douce" des CFC vers les HFC, en effet ce gaz n'a fait que transiter dans l'histoire, compte tenu de la Présence de chlore dans les molécules, toujours nocives pour la couche d'ozone. Ce gaz présentait toujours un ODP non nul.

**1997 Protocole de Kyoto** – Défini les modalités de phase down des HCFC pour les pays Signataires, visant à supprimer les fluides chlorés HCFC. L'Europe signe Ce protocole.

Transposition en règlement EU des actions définies à Kyoto, le règlement **CE 1005/2009** Entre en vigueur en 2005 , il définit le phase down des quantités de HCFC Fin des **HCFC le 1/1/2015**.

**En Juillet 2007, la RW** édite une Loi toujours en vigueur en Wallonie, sur l'utilisation des réfrigérants et exploitation (HCFC et HFC)

- Règles strictes concernant les taux de fuites maximum par circuit.
- Règles strictes en certifications d'étanchéités périodiques des équipements.
- Certification des techniciens Frigoristes "Environnementaux" , N° EU d'habilitation
- Règles techniques machines frigorifiques, gaz F.



## LES HFC (2000-.....)

### -les HFC-Hydrochlorofluorocarbones année 2000

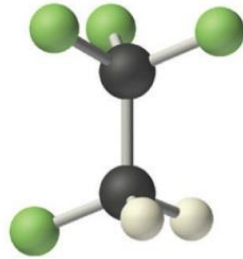


**COP 21**  
PARIS

30/11/2015 - 12/12/2015

TOUS ENSEMBLE  
POUR LE CLIMAT

[cop21.gouv.fr](http://cop21.gouv.fr) #COP21



HFC-134a, CH<sub>2</sub>FCF<sub>3</sub>

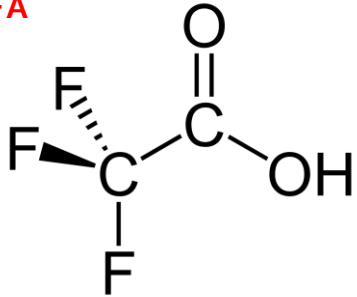
Ce gaz ne contient plus de chlore et a donc un **ODP de 0**, par contre, **son effet de serre** Est toujours important, voir plus important que les réfrigérants Chlorés !

L'Europe a pris un arrêté , "F-GAZ", qui réglemente les quantités de HFC mises sur le marché Européen, avec un phase down de **2015 ---→2030**.

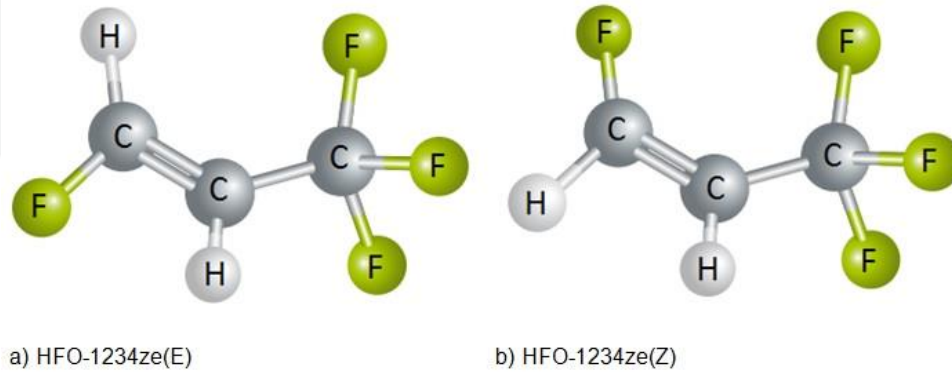
Règlement **EU F-GAZ CE 517/2014** remplace le règlement précédant , le CE 842/2006, suite Aux différentes publication **du GIEC**, qui interpellent au niveau des gaz à effet de serre et leur Conséquence sur le réchauffement climatique. Le nouveau règlement **CE 517/2014**, entre En vigueur en **mars 2015**, et donne un coup d'accélérateur au phase down des HFC

**Au 1/1/2016**, les quotas en Teq CO<sub>2</sub> rentrent en vigueur pour les sociétés de production et Négoce de gaz sur le territoire de l'EU. Un phase down est défini de **2016 à 2030**, avec une diminution Drastique de mise sur le marché de ces gaz.

SE DÉCOMPOSE EN :  
TRIFLUOROACÉTIQUE  
(ACIDE PERSISTANT)  
TFA

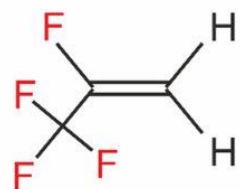


-les HFO -Hydrofluorooléfines en 2010.

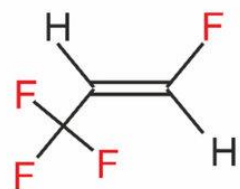


Les HFC sont limités depuis 2016 par l'accord F Gaz EU, grâce à une imposition de diminution Des quotas "Co2 équivalents" de ces fluides à haut potentiel effet de serre, qui sont mis sur Le marché EU. Les installations neuves utilisant ces fluides dont le GWP (Global Warming Impact) situés au-dessus de 1.500 (le référentiel étant le CO2 fixé à GWP = 1) seront interdites à partir de **2022**. Le fluide sera toutefois autorisés pour les opérations de maintenance des installations existantes, mais ce gaz est pratiquement introuvable sur le marché à l'heure actuelle. **La révolution vers les nouveaux gaz Synthétiques HFO** dont le GWP se situe largement en-dessous de **150** est en route. Le retour vers les fluides naturels tels que le **NH3 et CO2** pour de très petites capacités frigorifiques est plus que jamais actuel.

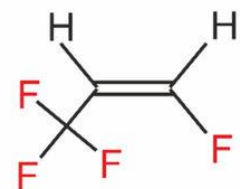
Les HFO sont principalement utilisés par le secteur automobile et les unités de refroidissement d'eau (6/12), dans le secteur HVAC – bâtiments tertiaires.



HFO-1234yf

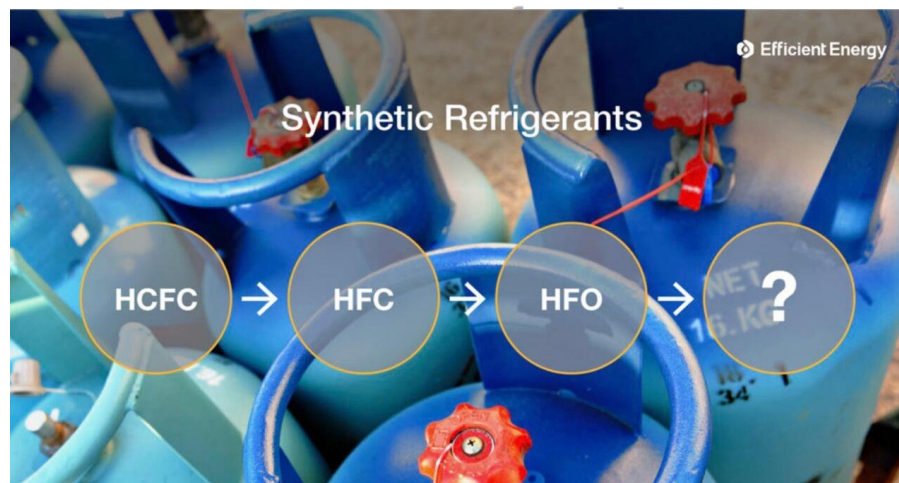


HFO-1234ze(E)



HFO-1234ze(Z)

## Une future révision du règlement REACH pourrait impacter les HFC et les HFO



Cinq pays de l'Union européenne cherchent actuellement à restreindre l'emploi des substances PFAS au travers de Reach. Ce qui ne serait pas sans conséquences sur les composés halogénés. Un sujet très polémique...

## LES HC ET NATURELS

(1870- .....

-les HC



Les HC, hydrocarbures sont également repris (GWP inférieurs à 10), dans les systèmes hermétiquement sellés : tels les frigos ménagers, les frigos mobiles pour les boissons dans les stations-services, ainsi que pour les magasins de proximités tels que Colruyt et Lidl par exemple.

-les Fluides naturels

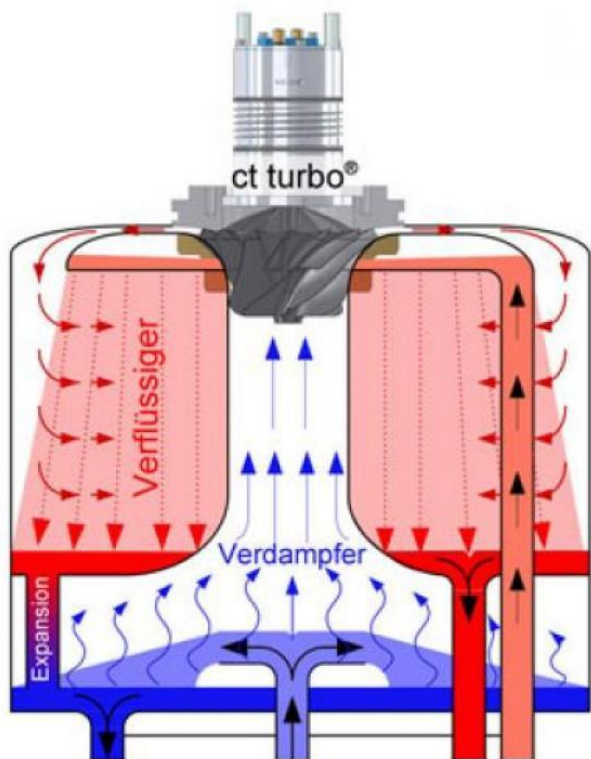


Retour des réfrigérants mis au point par les pionniers du Froid, comme Carl von Linde, et les autres , RETOUR VERS LES PLUS ANCIENS FLUIDES : NH3 et CO2





## R718 – EAU FLUIDE FRIGORIGÈNE



 **R718**

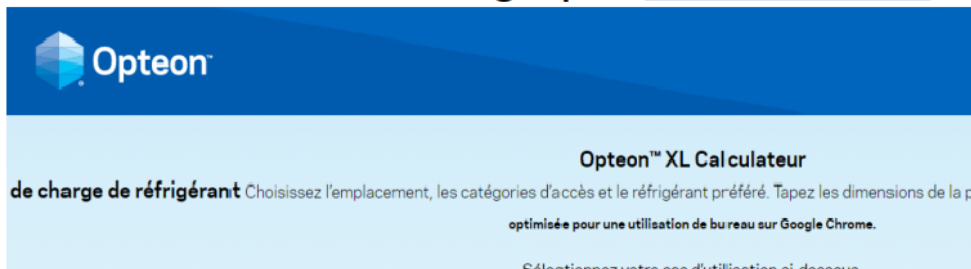
**L'EAU : EST UN FLUIDE  
FRIGORIGÈNE ÉGALEMENT : LE  
R718**

COP : 4 RÉGIME 16-20 ° C



## CLASSIFICATION DES FLUIDES FRIGORIGENES

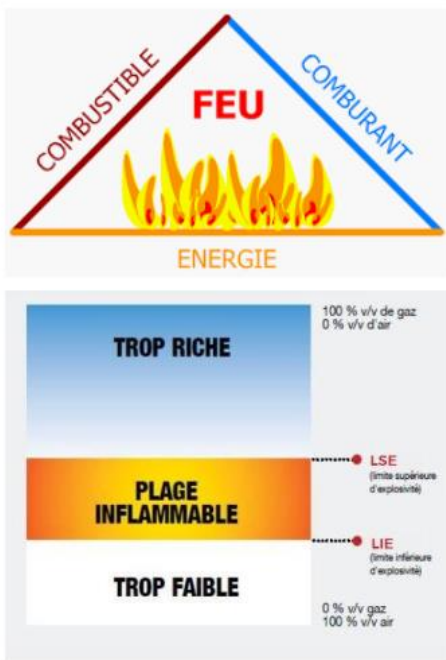
### Outil de calcul de charge par [CHEMOURS](#)



|                            |     |     |
|----------------------------|-----|-----|
| Haute inflammabilité       | A3  | B3  |
| Faible inflammabilité      | A2  | B2  |
| $mbv \leq 10 \text{ cm/s}$ | A2L | B2L |
| Aucune inflammabilité      | A1  | B1  |

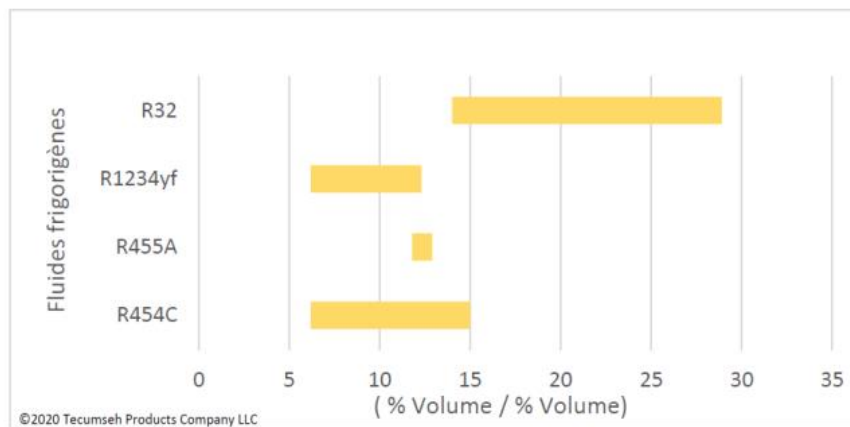
### Conditions d'inflammabilité

3 éléments sont nécessaires à la création et au maintien du feu :



### FLUIDES A2L

la plage d'inflammabilité :

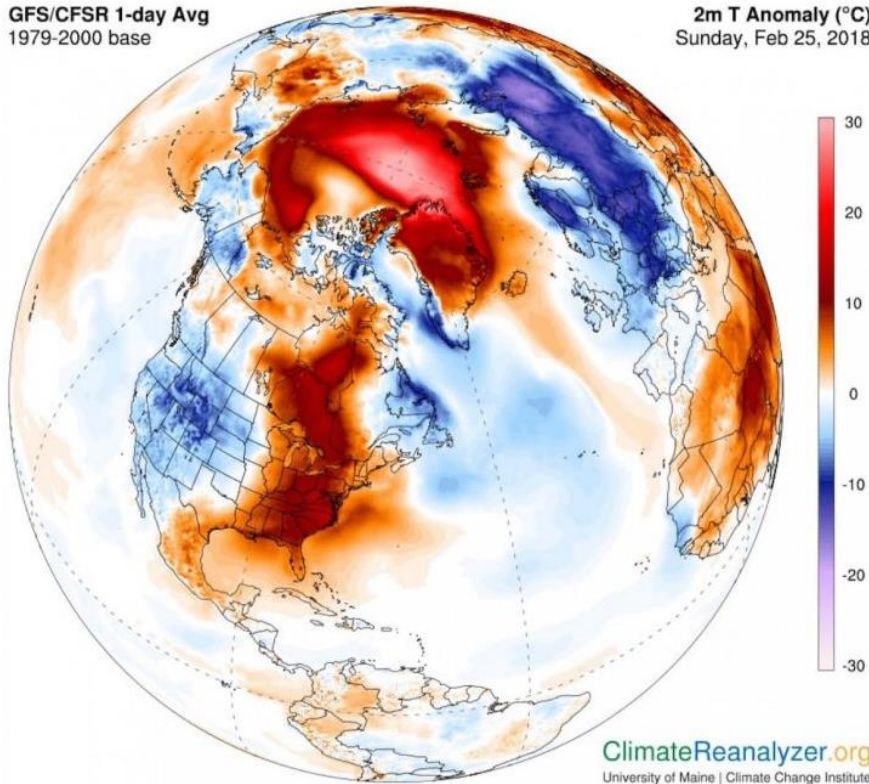


**Le Pôle nord plus chaud de 30°C que la normale**

MARS 2022

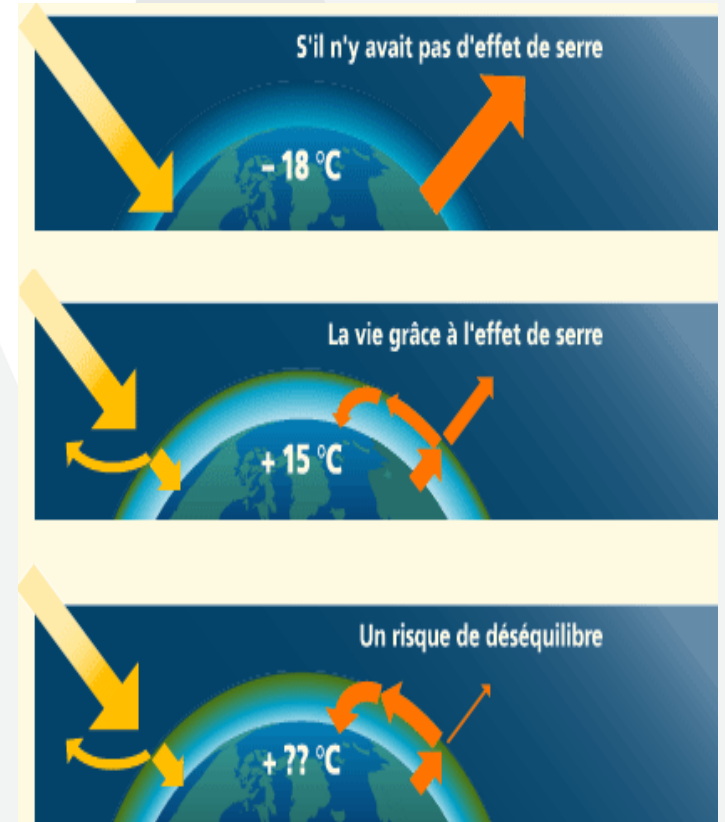
GFS/CFSR 1-day Avg  
1979-2000 base

2m T Anomaly (°C)  
Sunday, Feb 25, 2018



ClimateReanalyzer.org  
University of Maine | Climate Change Institute

**UNIVERSITY OF MAINE**  
**MARS 2022**



# Teq. de CO<sub>2</sub>

**NH<sub>3</sub> – AMMONIAC**  
**GWP = 0**

| Seuil en Tonne Equivalente CO <sub>2</sub> |            | >5 Teq CO <sub>2</sub> | >50 Teq CO <sub>2</sub> | >500 Teq CO <sub>2</sub> |
|--|------------|------------------------|-------------------------|--------------------------|
| Fréquence vérification                     |            | 1/an                   | 2/an                    | 4/an                     |
| Fréquence vérification avec détecteur fixe |            | Tous les 2 ans         | 1/an                    | 2/an                     |
| Réfrigérant                                | GWP        | Charge en Kg           |                         |                          |
| R134a                                      | 1430       | 3,497                  | 34,97                   | 349,7                    |
| R404a                                      | 3922       | 1,275                  | 12,75                   | 127,5                    |
| R407A                                      | 2107       | 2,373                  | 23,73                   | 237,3                    |
| R407F                                      | 1850       | 2,703                  | 27,03                   | 270,3                    |
| R407C                                      | 1774       | 2,818                  | 28,18                   | 281,8                    |
| R410A                                      | 2088       | 2,395                  | 23,95                   | 239,5                    |
| R422D                                      | 2730       | 1,832                  | 18,32                   | 183,2                    |
| R417A                                      | 2268       | 2,205                  | 22,05                   | 220,5                    |
| R422A                                      | 2530       | 1,976                  | 19,76                   | 197,6                    |
| R437A                                      | 1805       | 2,770                  | 27,70                   | 277,0                    |
| <b>R32</b>                                 | <b>675</b> | <b>7,407</b>           | <b>74,07</b>            | <b>740,7</b>             |
| R449A                                      | 1397       | 3,579                  | 35,79                   | 357,9                    |
| R448A                                      | 1387       | 3,605                  | 36,05                   | 360,5                    |
| R450A                                      | 605        | 8,264                  | 82,64                   | 826,4                    |
| R452A                                      | 2141       | 2,335                  | 23,35                   | 233,5                    |
| R513A                                      | 631        | 7,924                  | 79,24                   | 792,4                    |
| R1234yf                                    | 4          | 1 250                  | 12 500                  | 125 000                  |
| R1234ze                                    | 6          | 833                    | 8 333                   | 83 333                   |
| R290                                       | 3          | 1 667                  | 16 667                  | 166 667                  |
| R600                                       | 3          | 1 667                  | 16 667                  | 166 667                  |
| CO <sub>2</sub>                            | 1          | 5 000                  | 50 000                  | 500 000                  |

**A2L** —

**MARS 2022**

→ R454C : GWP 148

→ R455(A) GWP 148

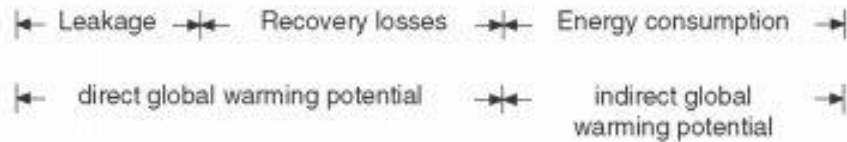
**A2L** SOUS LA BARRE  
 DES 150

Les fréquences de vérifications concernent les recherches de fuite sur les installations frigorifiques. Elles dépendent directement des paliers de tonnes équivalentes CO<sub>2</sub>. (5 / 50 / 500 Teq CO<sub>2</sub>)

# LE GWP (Gaz) et LE TEWI d'une Installation de froid

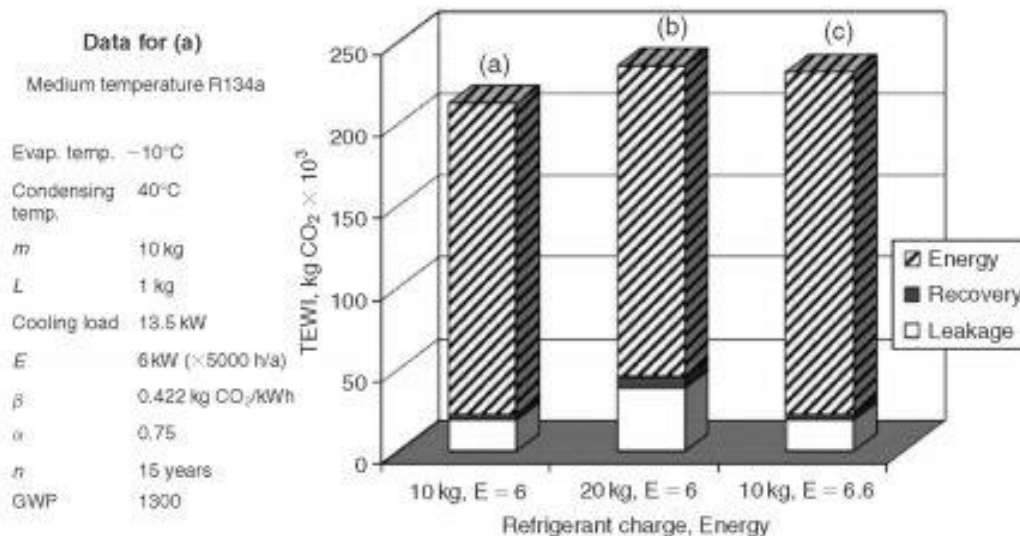
**TEWI** = TOTAL EQUIVALENT WARMING IMPACT

$$TEWI = (GWP \times L \times n) + (GWP \times m [1 - \alpha_{\text{recovery}}] + (n \times E_{\text{annual}} \times \beta))$$



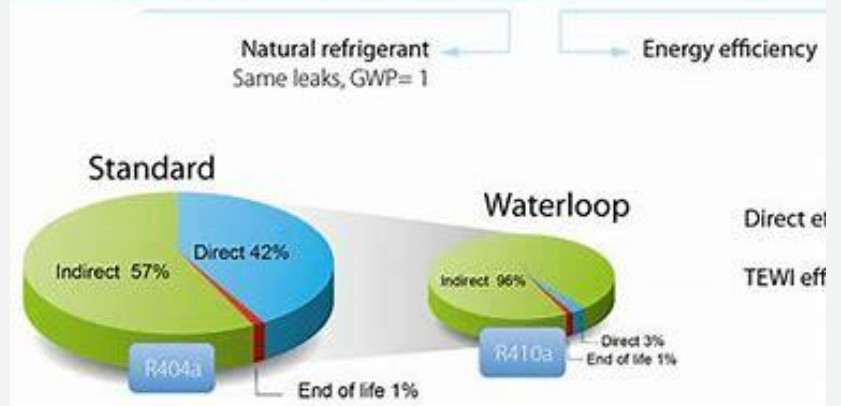
- GWP = Global warming potential [CO<sub>2</sub>-related]
- L = Leakage rate per year [kg]
- n = System operating time [Years]
- m = Refrigerant charge [kg]
- $\alpha_{\text{recovery}}$  = Recycling factor
- $E_{\text{annual}}$  = Energy consumption per year [kWh]
- $\beta$  = CO<sub>2</sub>-Emission per kWh (Energy-Mix)

**Figure 3.3** Method for calculation of TEWI values



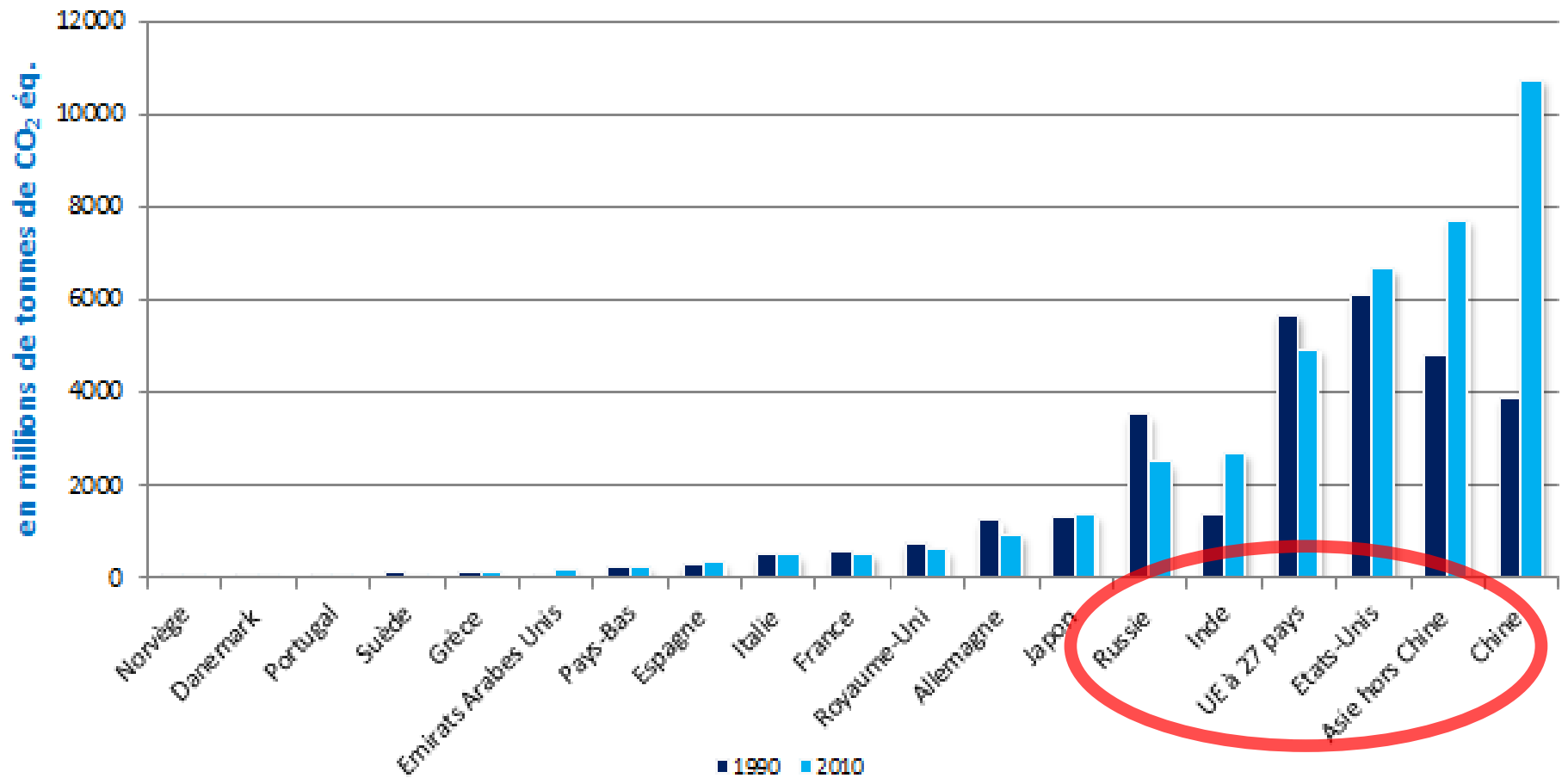
**Figure 3.4** Comparison of TEWI values, data corresponds to the effect of increased refrigerant charge and increased power consumption

**TEWI = GWP (direct, refrigerant leaks) + GWP (indirect, emissions)**



**LA CARTE D'IDENTITE D'UNE MACHINE FRIGORIQUE OU POMPE A CHALEUR EST LE TEWI**

## Evolution des émissions de GES dans le monde entre 1990 et 2010



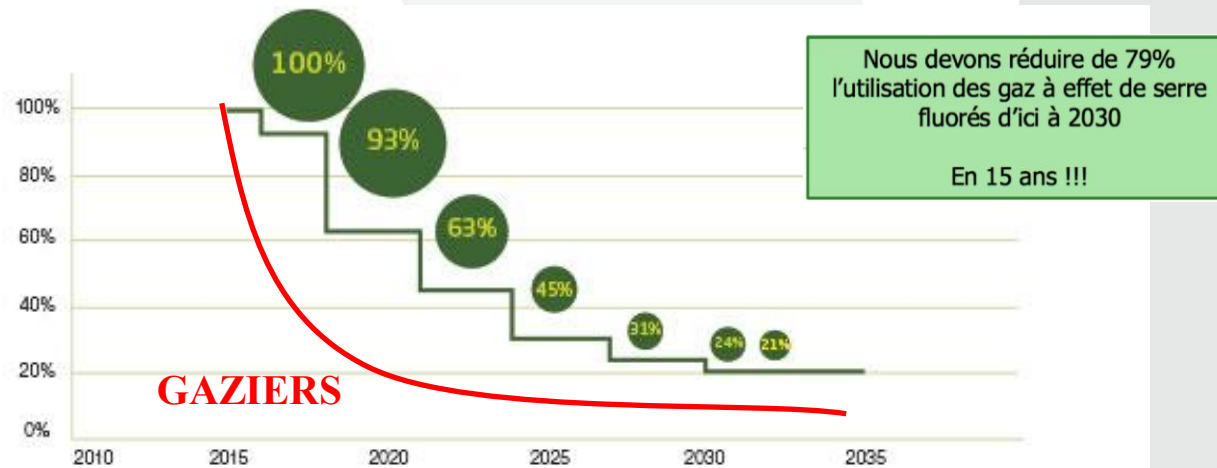
# La directive F Gaz - EU





# Problématique Gaz HFC?

Directive F gaz (COP21-22-23) → Passage soft des GWP "Haut" → GWP Bas



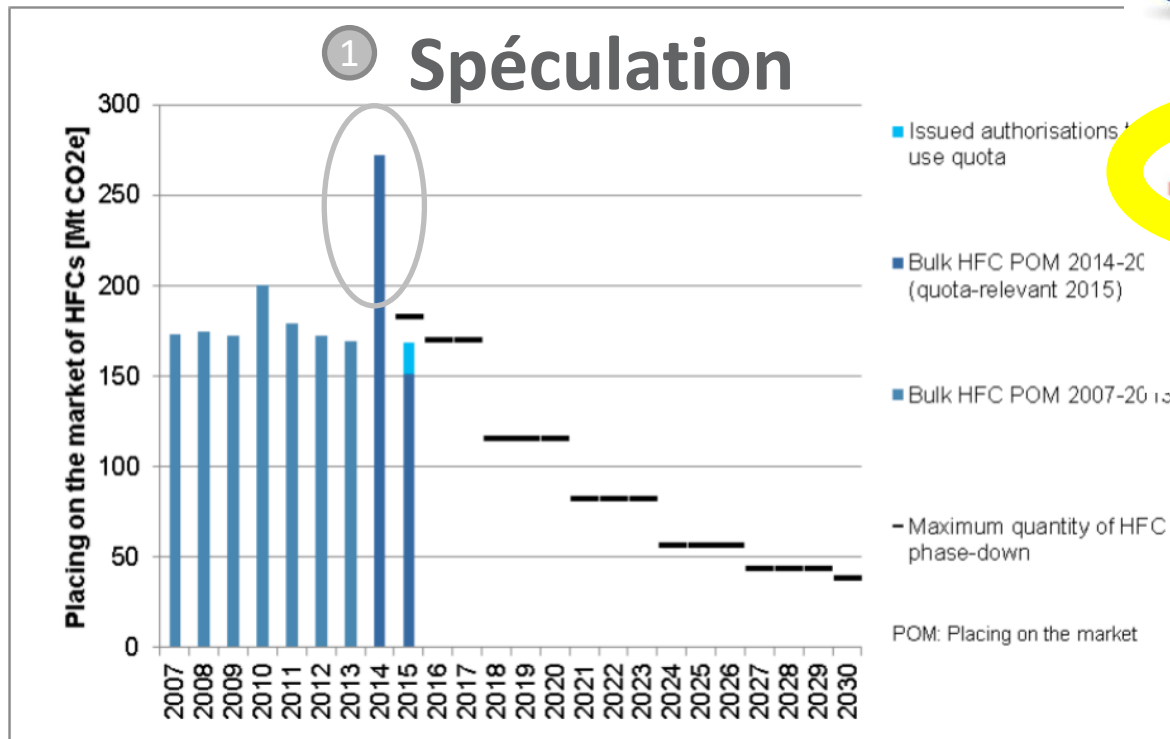
- 22 Tonnes eq CO2 "oubliées" lors du calcul du facteur 100% en 2014)

**Le problème :** GAZIERS arrêtent certains fluides ! (Arkema-Honeywell-Chemour-Daikin-Dupont)

→ 5 Gaziers contre 2 en 2020 (Honeywell et Chemours (Daikin pour le R410))



# Les conséquences



[https://ec.europa.eu/clima/policies/f-gas/docs/phase-down\\_progress\\_en.pdf](https://ec.europa.eu/clima/policies/f-gas/docs/phase-down_progress_en.pdf)



## 2 Oligopole

ARKEMA  
Chemours  
DAIKIN  
Honeywell  
Mexichem

## 3 Indisponibili



→ **DAIKIN EST UN PRODUCTEUR DE GAZ LE R410(A) ; GWP = 2088** :  
(STRATÉGIE COMMERCIALE DU CONSTRUCTEUR)

# Les interdictions



|  | 2015   | 2017  | 2020   | 2022  | 2025   | 2030   |
|--|--|---|--|---|--|--|
|    | Equipements de réfrigération domestique<br><b>GWP &gt; 150</b>         | Climatisation mobile dans les nouvelles voitures et camionnettes<br><b>GWP&gt;150</b> | Equipements de réfrigération hermétiquement scellés à usage commercial<br><b>GWP&gt; 2500</b><br><br>Equipements de réfrigération fixe<br><b>GWP&gt;2500 (sauf -50°C)</b><br><br>Climatisation mobile autonome <b>GWP &gt; 150</b> | Equipements de réfrigération hermétiquement scellés à usage commercial<br><b>GWP &gt; 150</b><br><br>Systèmes de réfrigération centralisés multipostes à usage commercial > 40 kW<br><b>GWP &gt; 150</b><br><br><i>(sauf circuit primaire des systèmes en cascade GWP &lt; 1 500)</i> | Climatisation bi-bloc<br><b>&lt; 3kg with GWP &gt; 750</b> |  |
|  | Interdiction de stocker, réparer ou maintenir les installations au R22 |   | Aucune intervention avec du HFC neuf <b>GWP&gt; 2500</b> sur les équipements > 40T CO2.eq<br>(seulement recyclé ou régénéré si étiqueté)   |   |  | Aucune intervention sur les équipements <b>GWP &gt; 2500</b> |

# GAZ FRIGORIFIQUES : 2022 -> 2030



**MAGASIN – CLIENT FINAL –  
PRODUCTION FROID →**

**GWP GAZ DIRECT : < 150  
OU  
GWP GAZ INDIRECT : 1,500**



**DISTRIBUTEUR – VERS COMMERCE  
PRODUCTION DE FROID →**

**GWP GAZ DIRECT : < 2,500**

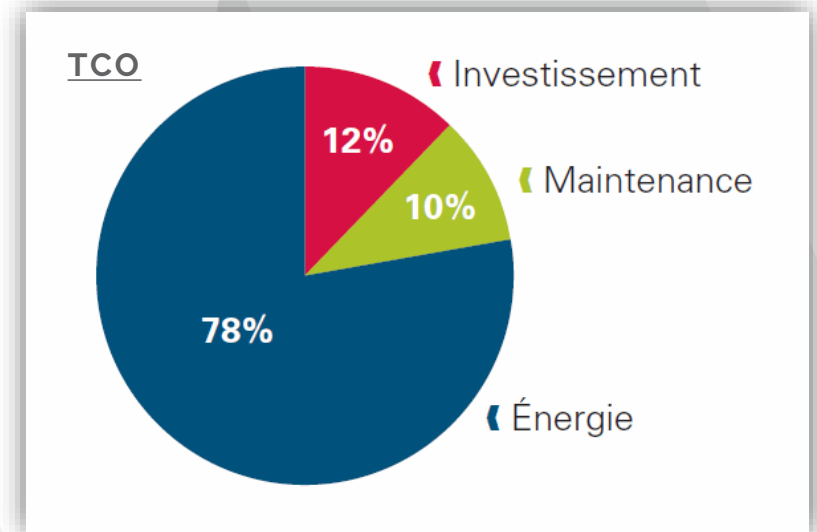
**AIR CONDITIONNE : PAS CONCERNÉ !**

## Seuil des capacités de réfrigération de 40 kW

Le seuil de 40 kW fait référence à la capacité nominale d'un seul circuit frigorifique à des températures d'évaporation de :

- -10°C pour les applications à moyenne température (MT)
- -35°C pour les applications à basse température (LT)
- à une température ambiante de 32°C.
- Si deux circuits frigorifiques complètement indépendants fournissent MT et LT séparément l'un de l'autre dans des systèmes à détente directe, l'interdiction ne s'applique à l'un ou l'autre circuit indépendant que s'il dépasse seul le seuil de capacité.
- Si un circuit frigorifique peut fournir simultanément la capacité MT et LT, la somme des capacités est prise en compte pour le calcul de la capacité du système.
- Pour les équipements multifonctionnels, seules les puissances frigorifiques s'appliquent et non les puissances de climatisation ou de chauffage.

## REEMPLACEMENT D'UNE INSTALLATION



Votre Installation est **amortie**, **vétuste**, présente des **coûts en exploitation élevés**, **consommation élevée**



Changement de l'installation – sur base d'une étude **TCO**



Choix pour 2030 - 2050 **Fluides naturels** : NH3 ou CO2 ou HC : Expérience de **100ans**



Choix d'une solution réduisant la consommation **énergétique globale** : Froid (et chauffage si récup) et **l'empreinte Carbonne d'exploitation**.

### Conclusion

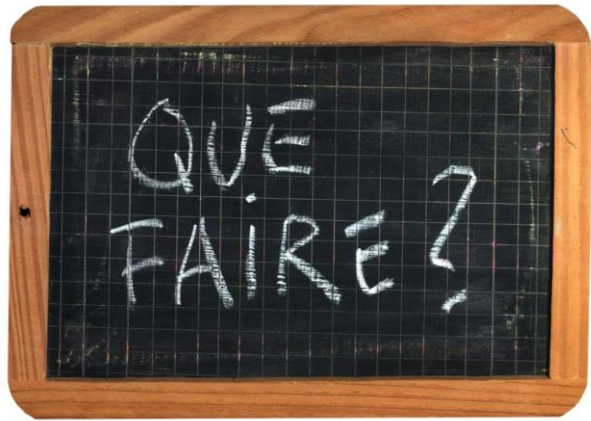
Installation à faible niveau en coût de maintenance et suivi curatif



## Quelle Solution Choisir ?

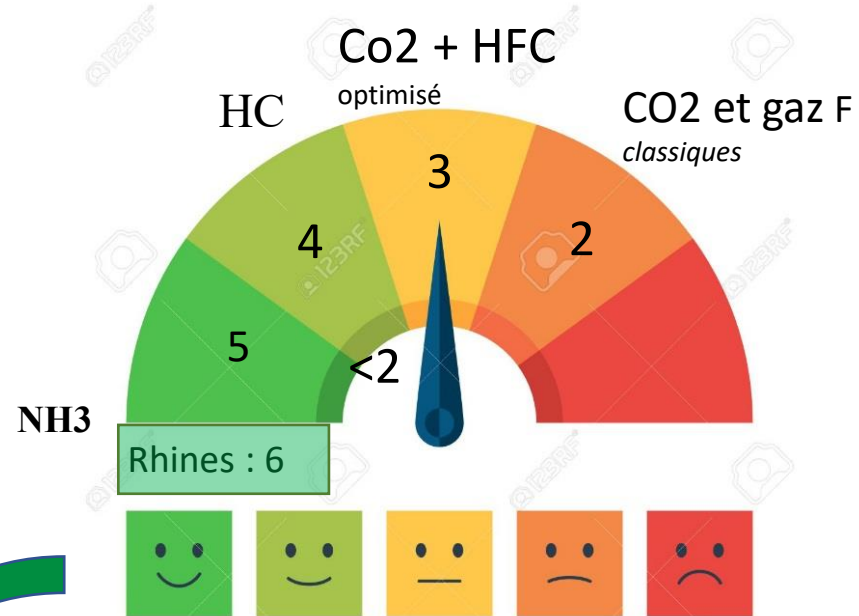
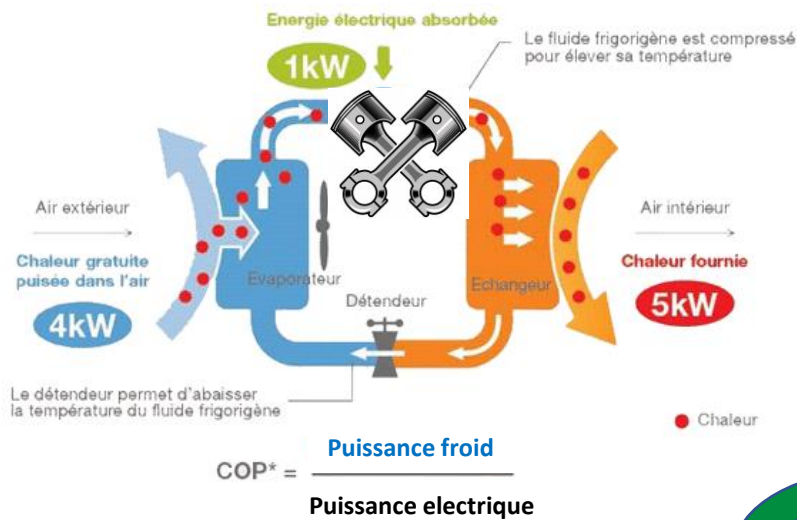
Chaque solution est adaptée :

|   |            |   |
|---|------------|---|
| - | <b>CO2</b> | Petite & Moyenne puissance : en direct vers Frigos , coûts installation faibles<br>→ Sécurité / Pas Gain énergie / Exploitation 15 ans ? T° TB Récup de chaleur ! |
| P | <b>HC</b>  | Petite & Moyenne puissance : coûts intermédiaires aux deux premières<br>→ Sécurité / Pas de gain énergétique / Exploitation 20 ans                                |
| R | <b>NH3</b> | Petite & Moyenne & Haute puissance : via glycols , coûts installation plus élevés<br>→ Sécurité / <b>Gain énergie</b> / Exploitation <b>35 ans</b> ★              |
| I |            |   |
| X |            |   |
| + |            |   |



# CHOIX

# Réfrigérant à haute performance



$COP \text{ froid} = \frac{\text{PUISSANCE FROID (W)}}{\text{PUISSANCE ELECTRIQUE (W)}} = ?$

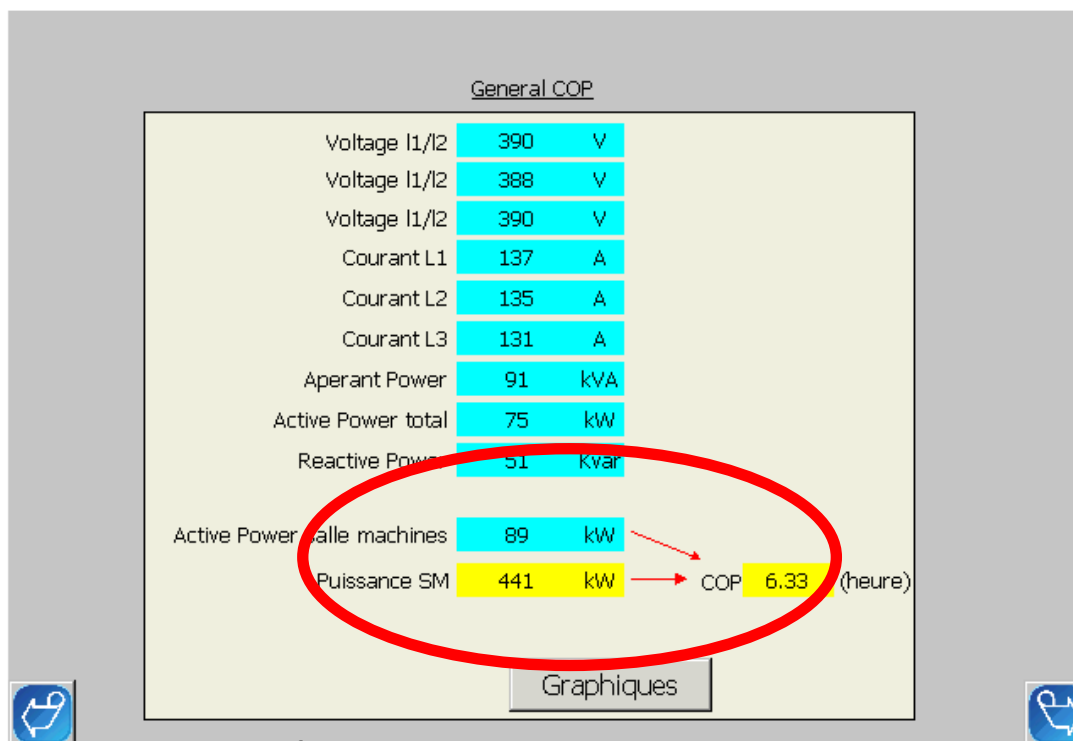




## Valeur COP : la meilleure économie d'énergie est celle qu'on ne consomme pas

**20%** DE L'EMPREINTE CARBONE  
D'UNE MACHINE FROID :  
REFRIGERANT

**80%** DE L'EMPREINTE CARBONE  
D'UNE INSTALLATION FROID :  
PUISSANCE ELEC ABSORBEE



FRIGOS : -2° C

## Valeur COP GLOBAL / CHAUD ET FROID

$$\text{COP FROID} = \frac{\text{PUISSANCE FRIGORIFIQUE}}{\text{PUISSANCE ABSORBEE}}$$

$$\text{COP GLOBAL} = \frac{\text{PUISSANCE FRIGO} + \text{PUISSANCE THERMIQUE recup}}{\text{PUISSANCE ABSORBEE TOTALE}}$$

POUR LE CO<sub>2</sub> ;; C'EST LE COP GLOBAL QUI EST TRES  
INTERESSANT – LE COP FROID EST MAUVAIS

# CO2 – R744



## Avantages du CO2

Respectueux Environnement

Jamais de restriction législative


A1 (Non inflammable et Non toxique)

Application Haute/Moyenne/Basse température

Coefficient de transfert élevé Prix inférieur à NH3

Dimension tuyauteries réduite



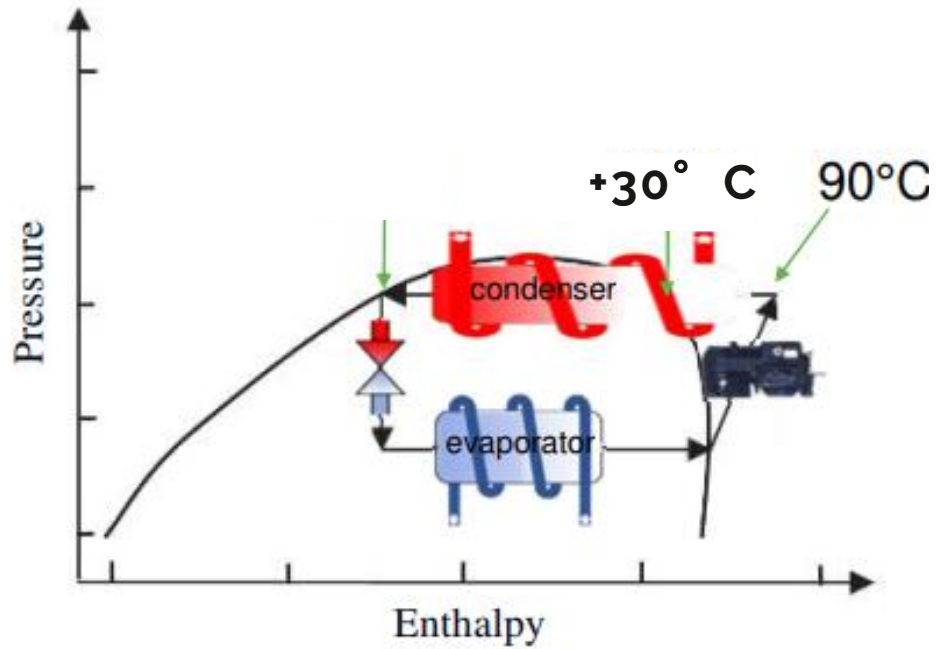
 vous ne saurez pas dire qu'il a été là 

 Fortes pressions 

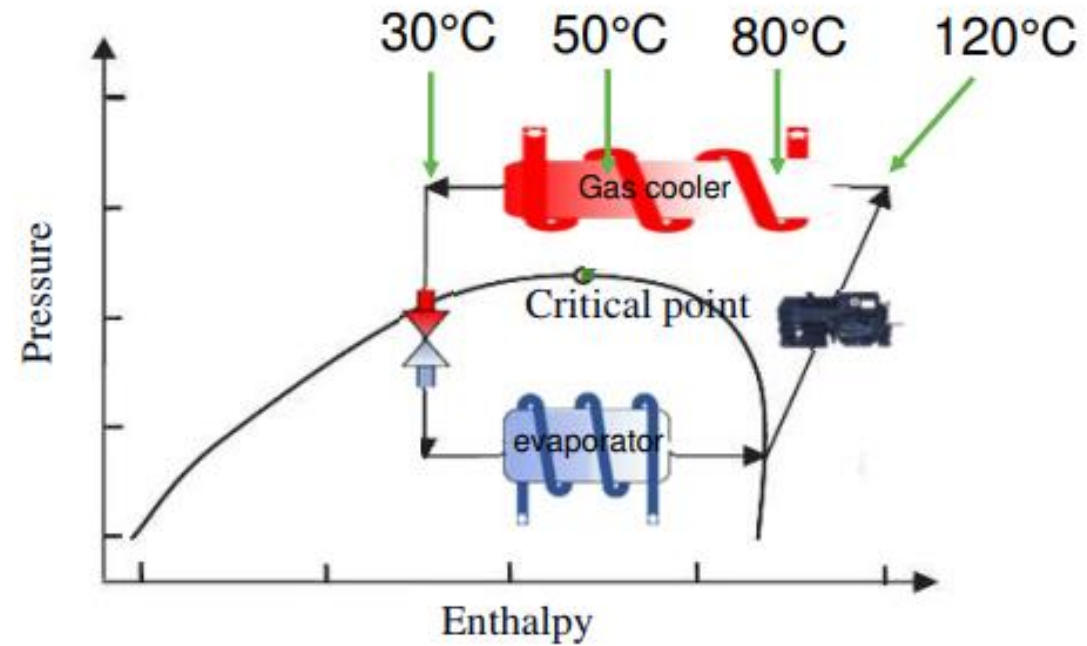
 rendement inférieur au fréon 

© Can Stock Photo

# CO<sub>2</sub> – R744



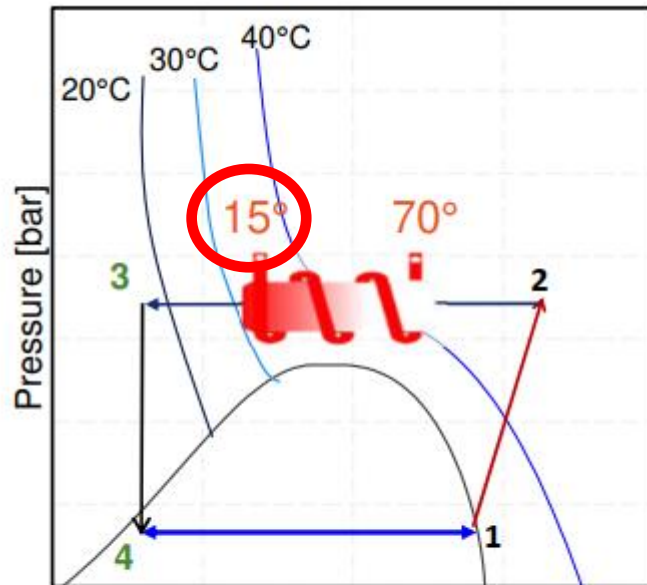
CYCLE SUB-CRITIQUE



CYCLE TRANSCRITIQUE

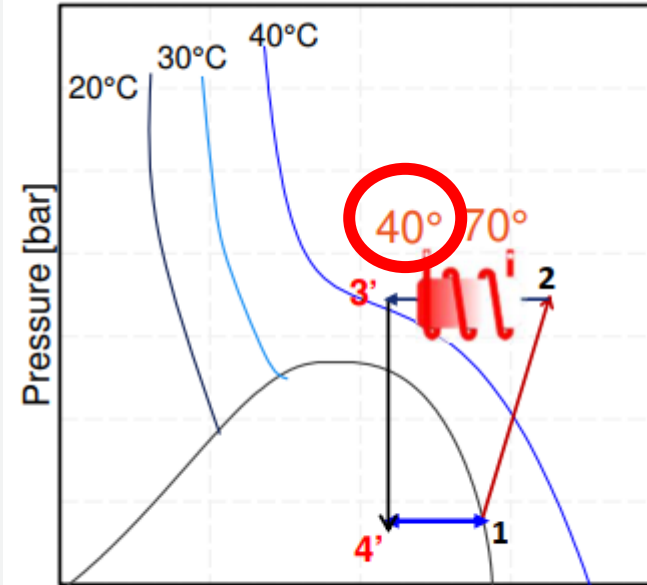
QUANTITE DE CHALEUR  
IMPORTANTE EN KW

# CO<sub>2</sub> – R744



Enthalpy

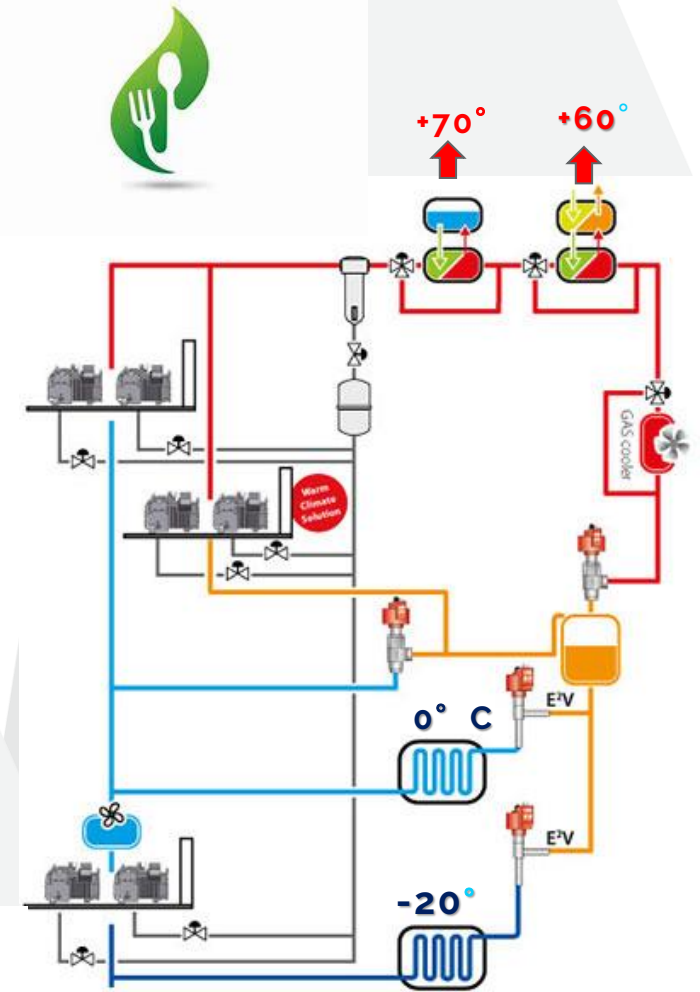
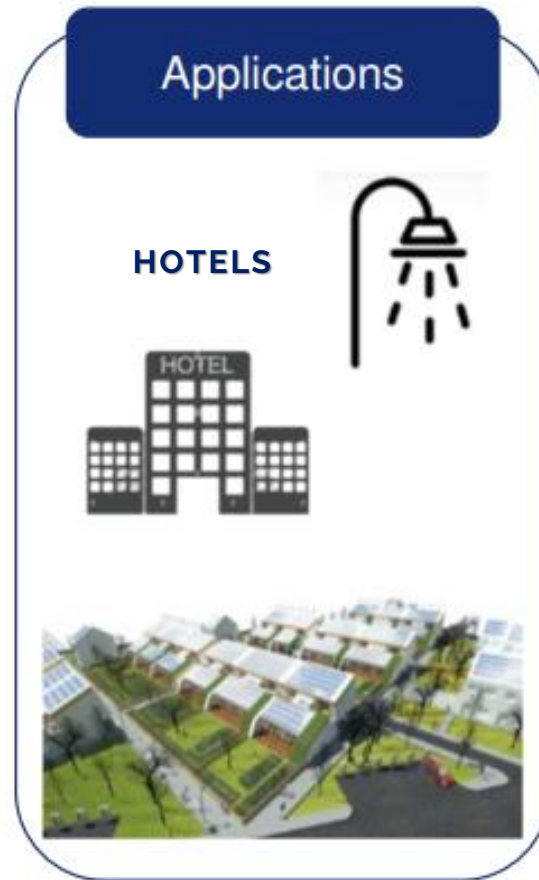
COP<sub>CH</sub> **4,8**



Enthalpy

COP<sub>CH</sub> **2,2**

**ATTENTION AU NIVEAU DE  
T° RETOUR DE L'EAU !!!**



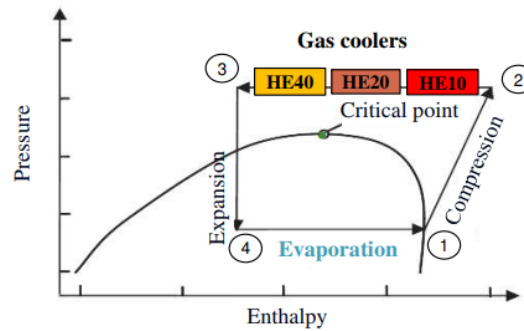
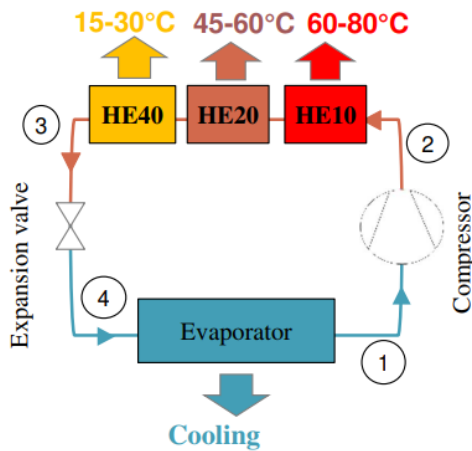
COP FROID < 2

MAIS

PRODUCTION DE  
CHALEUR  
IMPORTANTE

+/-80 KW TH - 100  
KWF

COP GLOBAL : 4



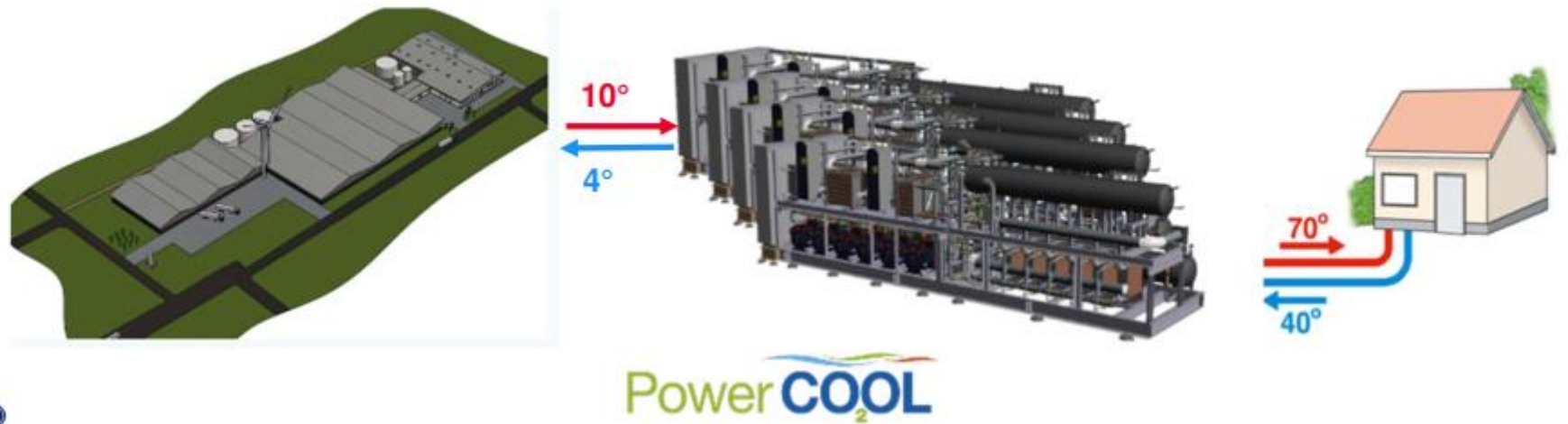
**FRIGOS CUISINE HOTEL**

**3 NIVEAUX DE T° POSSIBLES !!**

**PAYS : DENMARK**

**PRODUCTION FROID POUR USINE 6MW  
PRODUCTION CHAUD VILLAGE 8 MW**

**RETOUR ROI : 3 ANS (AVEC VENTE DE CHALEUR)**



**COP GLOBAL : 3,9 + VENTE ENERGIE TH**



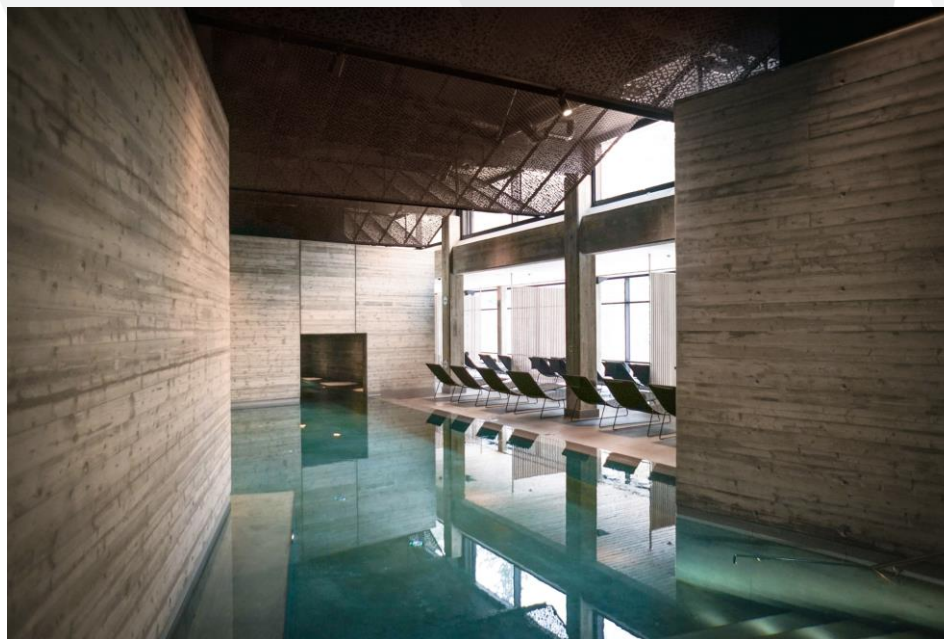
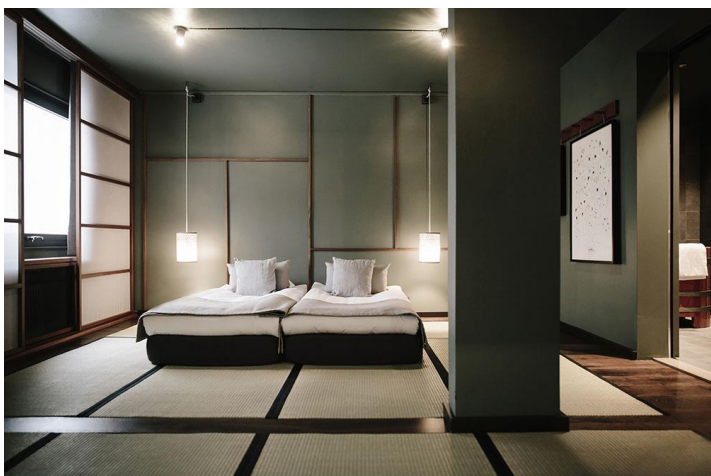
# Yazuragi SPA hotel

**PAYS : SUEDE**

**PRODUCTION FROID CLIM HOTEL 670 KW**  
**PRODUCTION CHAUD 60-85 180 KW**  
**PRODUCTION CHAUD 28-60 900 KW**

**ET CUISINES CO2 TRANSCRITIQUE + RECUP**

**COP GLOBAL : 3.7**





**PAYS : FRANCE - AEROPORT**

**PRODUCTION FROID  
PRODUCTION CHAUD 45-75**

**400 KW  
300 KW**

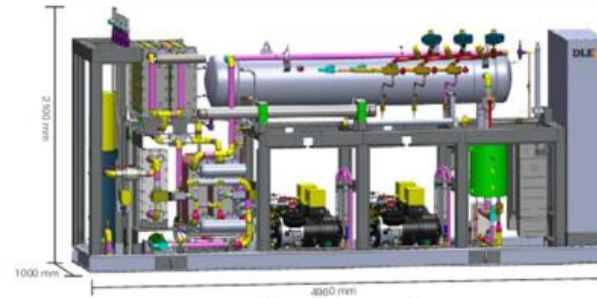
**REPLACE BOILERS ECS  
REPLACE ANCIEN CHILLER FREON**

**COP GLOBAL : 4**

**Mistral S 50-150kW**



**PowerCO2OL S 300- 1100kW**



**PowerCO2OL 500 - 2000kW**



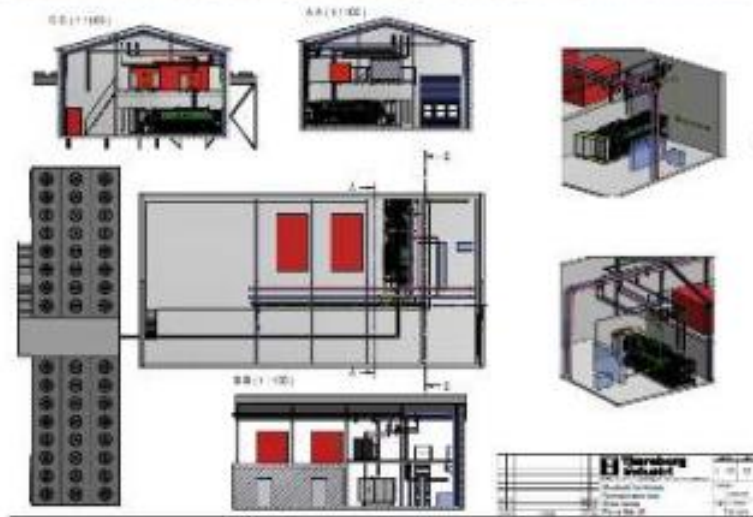
**PAYS : DENMARK**

**PRODUCTION FROID  
PRODUCTION CHAUD**

**0 MW  
1,6 MW**

**POMPE A CHALEUR AIR-EAU  
CIRCUIT URBAIN**

**COP GLOBAL : 4 + VENTE ENERGIE TH**



**PowerCOOL<sub>2</sub>**



## SECURITES CO2



### Détection Co2 – Chambre froide

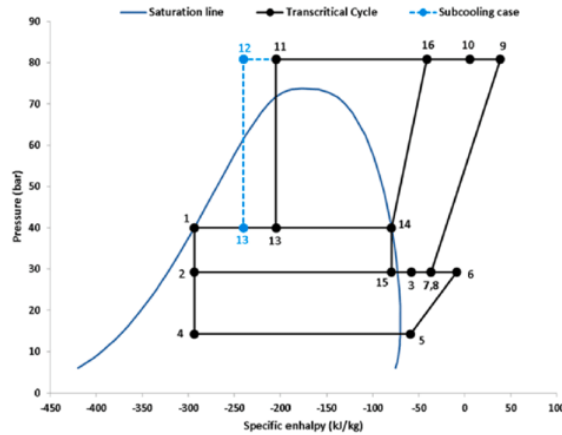
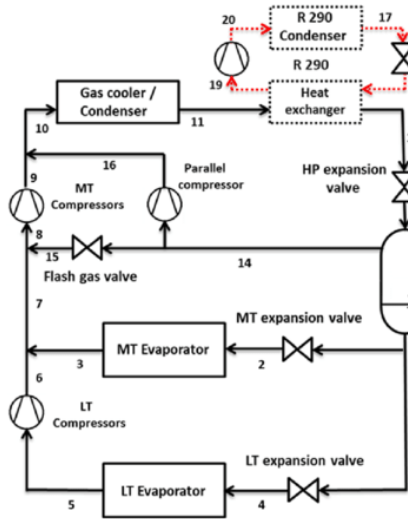


Dans la chambre



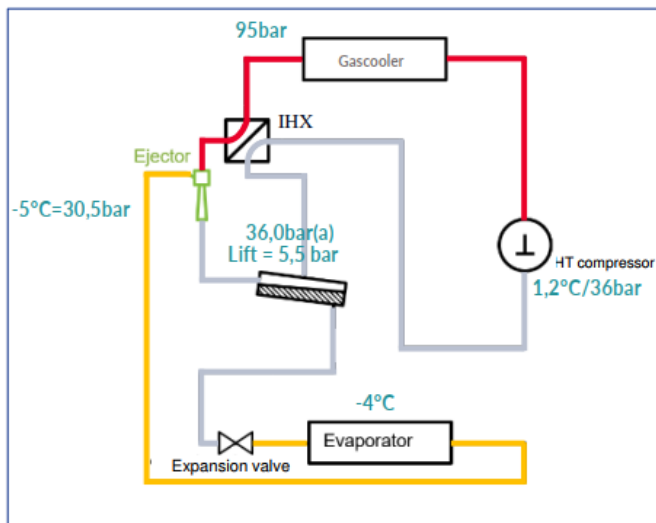
Devant la chambre

## COMPRESSION PARALLÈLE

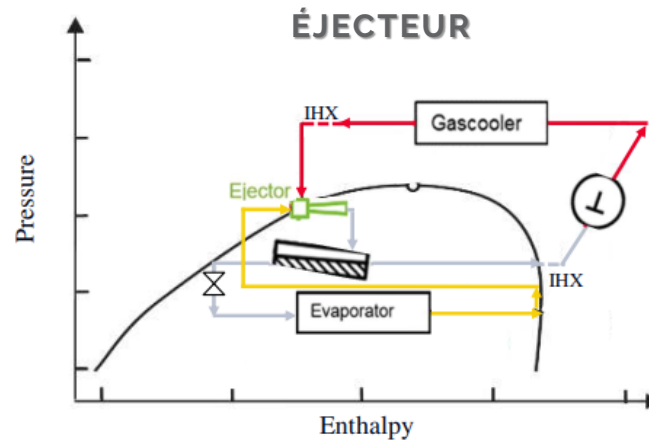


PLUSIEURS TECHNIQUES QUI PERMETTENT D'AUGMENTER LE COP FR DE 20% EN CO<sub>2</sub>

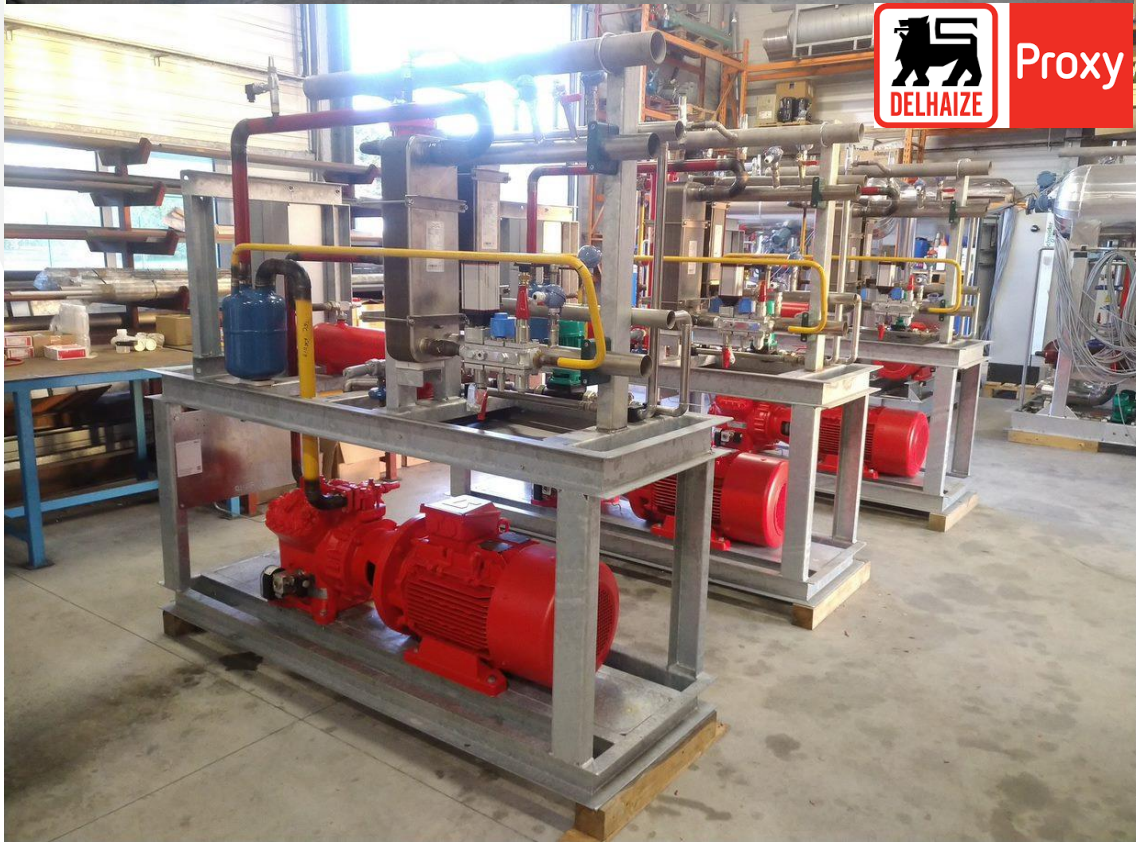
**COP FR JUSQUE 3--4**



— High Pressure  
— Medium Pressure  
— Receiver

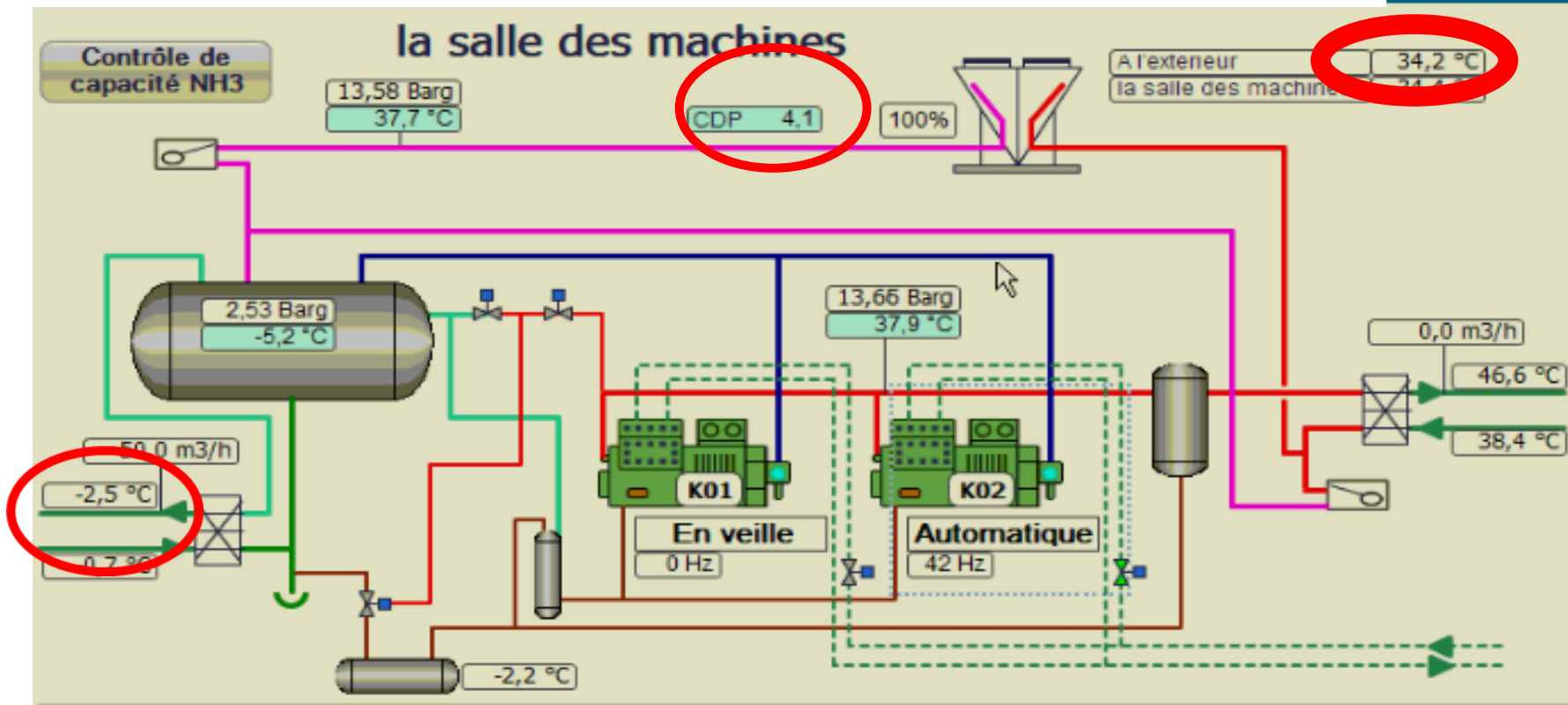


# NH3 – R717



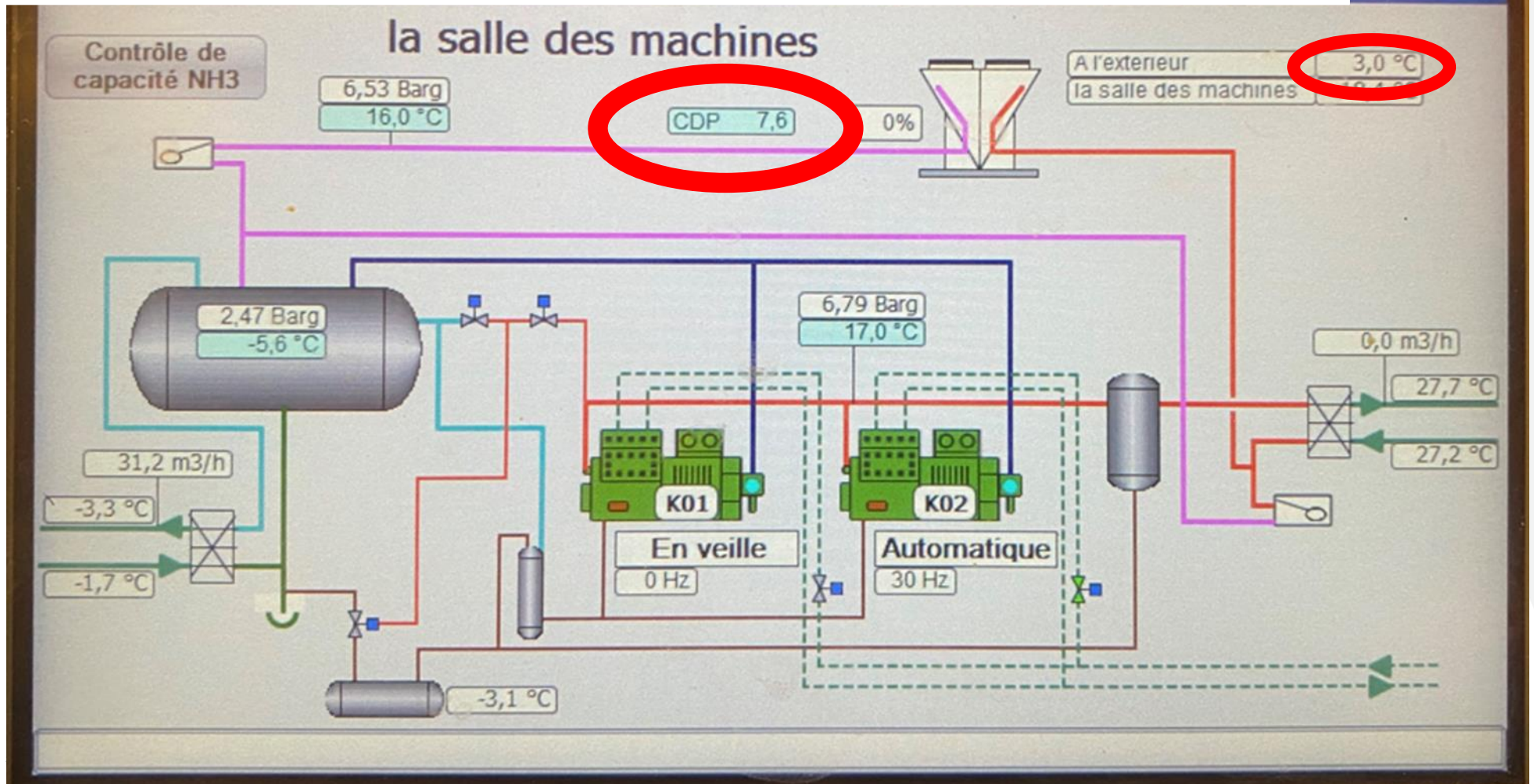


18:04:37  
25-6-2019





10:39:58  
6-4-2021

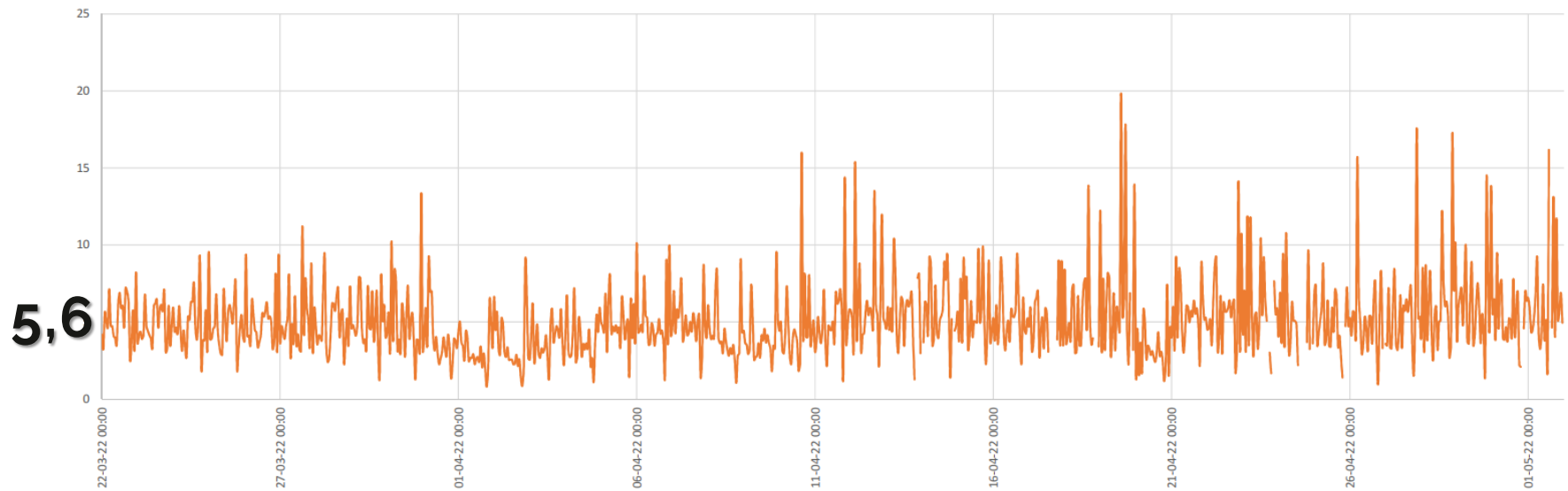




**STOP AUX PRÉJUGÉS !! Couplage froid + PAC Propane**



# STOP AUX PRÉJUGÉS !! Couplage froid + PAC **Propane**



22 MARS 22

1 MARS 22



**BIENTÔT : !**

**AD SOUMAGNE**

**PROXY DELHAIZE FLERON**

**AD DELHAIZE DOLHAIN**

**AD DELHAIZE WELKENRAEDT**

**PROXY DELHAIZE BRAIVES**

**HABAY LA NEUVE**



**ILS ONT OPTÉS POUR NH<sub>3</sub>**

**PROXY RHISNES**

**PROXY VELAIN S SAMBRE**

**AD HABAY L NEUVE**

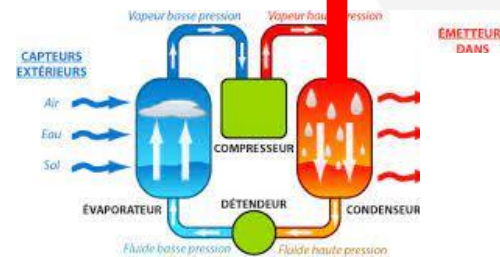
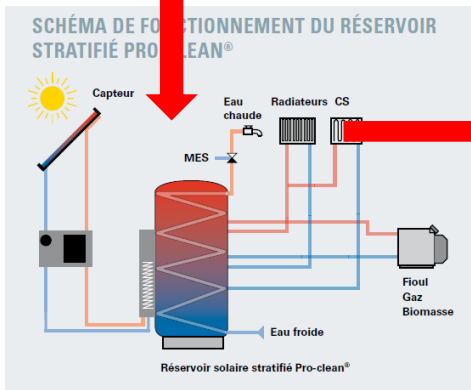
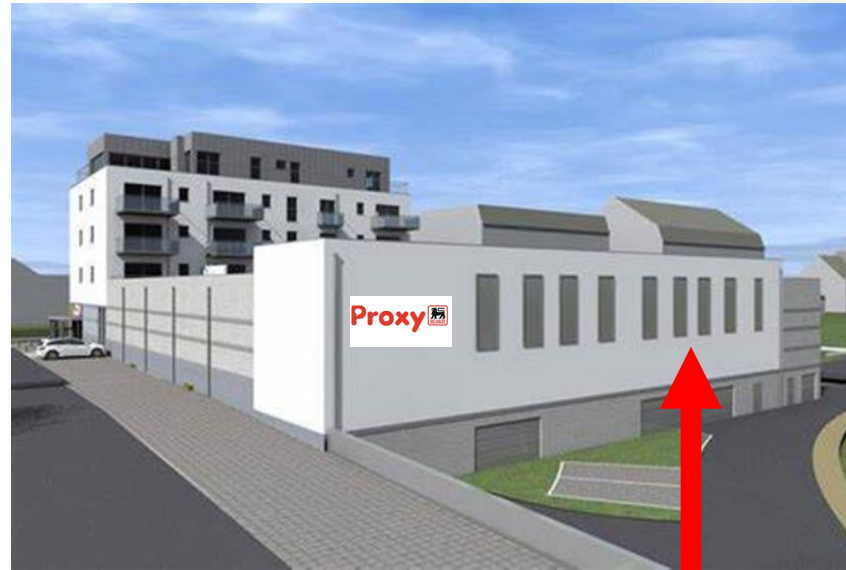
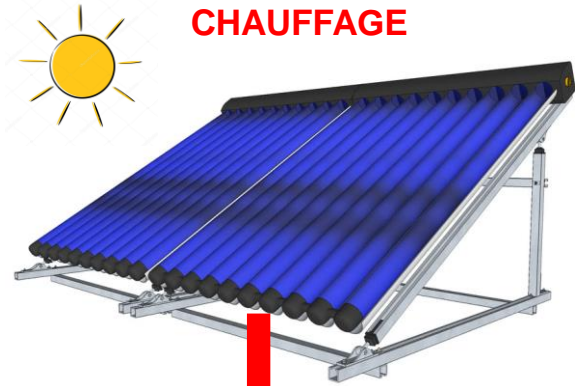


**Go Green.**

AD DELHAIZE SOUMAGNE  
PROXY DELHAIZE FLÉRON

TOITURE / PANNEAUX  
PHOTOVOLAIQUES

TUBES SOLAIRES → EAU  
CHAUFFAGE



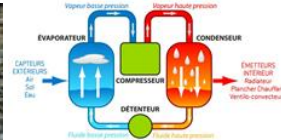
PAC Eau-eau NH3 – COP 7



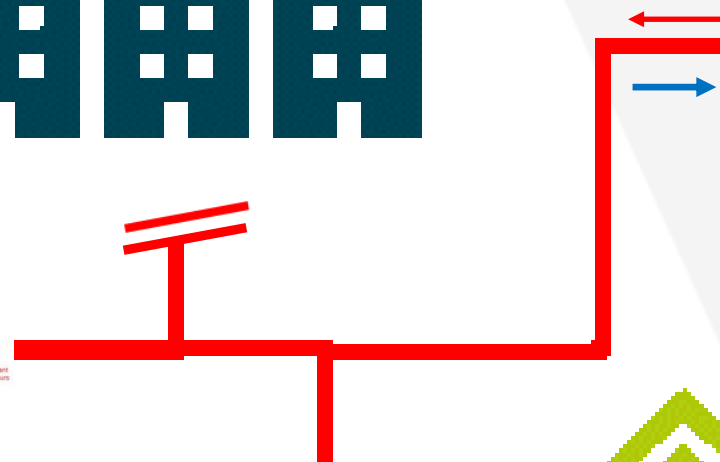
Distribution d'énergie à T° constante vers commerces voisins



Magasin A  
200m<sup>2</sup>



Magasin B  
200m<sup>2</sup>



## ILS OPTENT POUR NH<sub>3</sub>

**BSCA AÉROPORT CHILLER 800KW**  
**COP CONTINU : 5**  
**CHARGE NH<sub>3</sub> : 35 KG**

**ROI : 3 ANS**



BRUSSELS  
SOUTH  
CHARLEROI  
AIRPORT S.A.



**Go Green.**

# PATINOIRE LIEGE – OLYMPIQUE MEDIACITE : NH<sub>3</sub> – GREEN WAY

CHILLER 1000 KW  
COP CONTINU : 4  
CHARGE NH<sub>3</sub> : 175 KG

DUREE DE VIE : 30 ANS



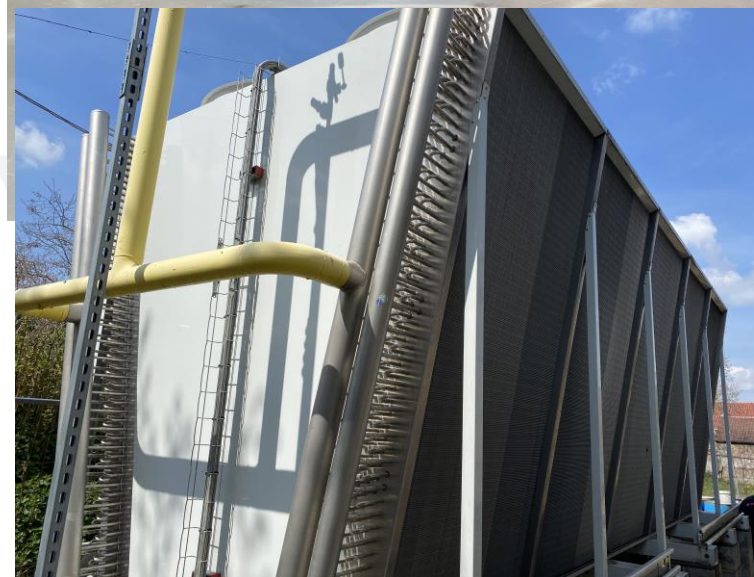
# greenway

## PATINOIRE CHARLEROI : NH<sub>3</sub>



**CHILLER 400 KW**  
**COP CONTINU : 3,2**  
**CHARGE NH<sub>3</sub> : 250 KG**

**DUREE DE VIE : 30 ANS**



**Go Green.**



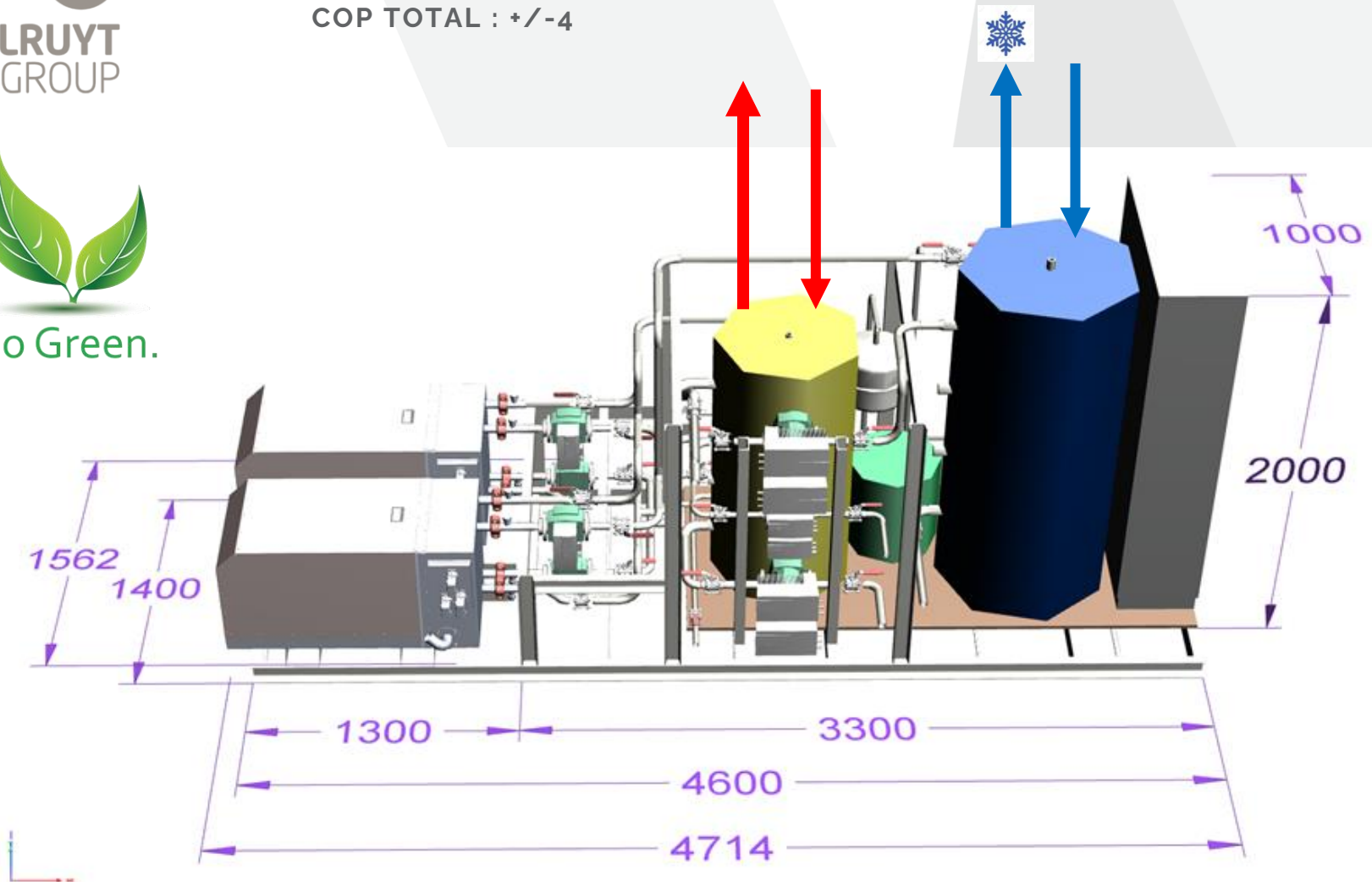
# 5 ) HC

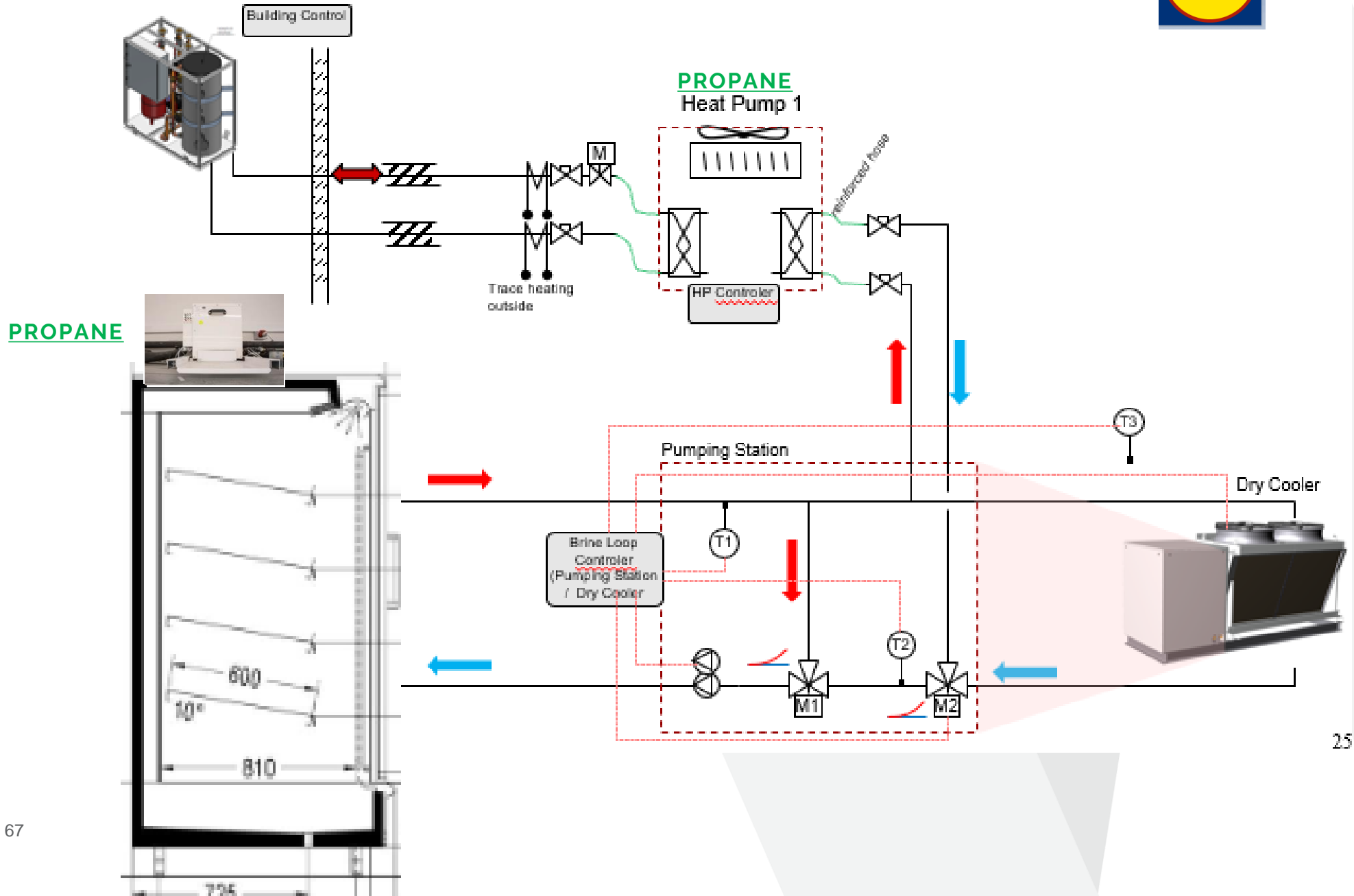




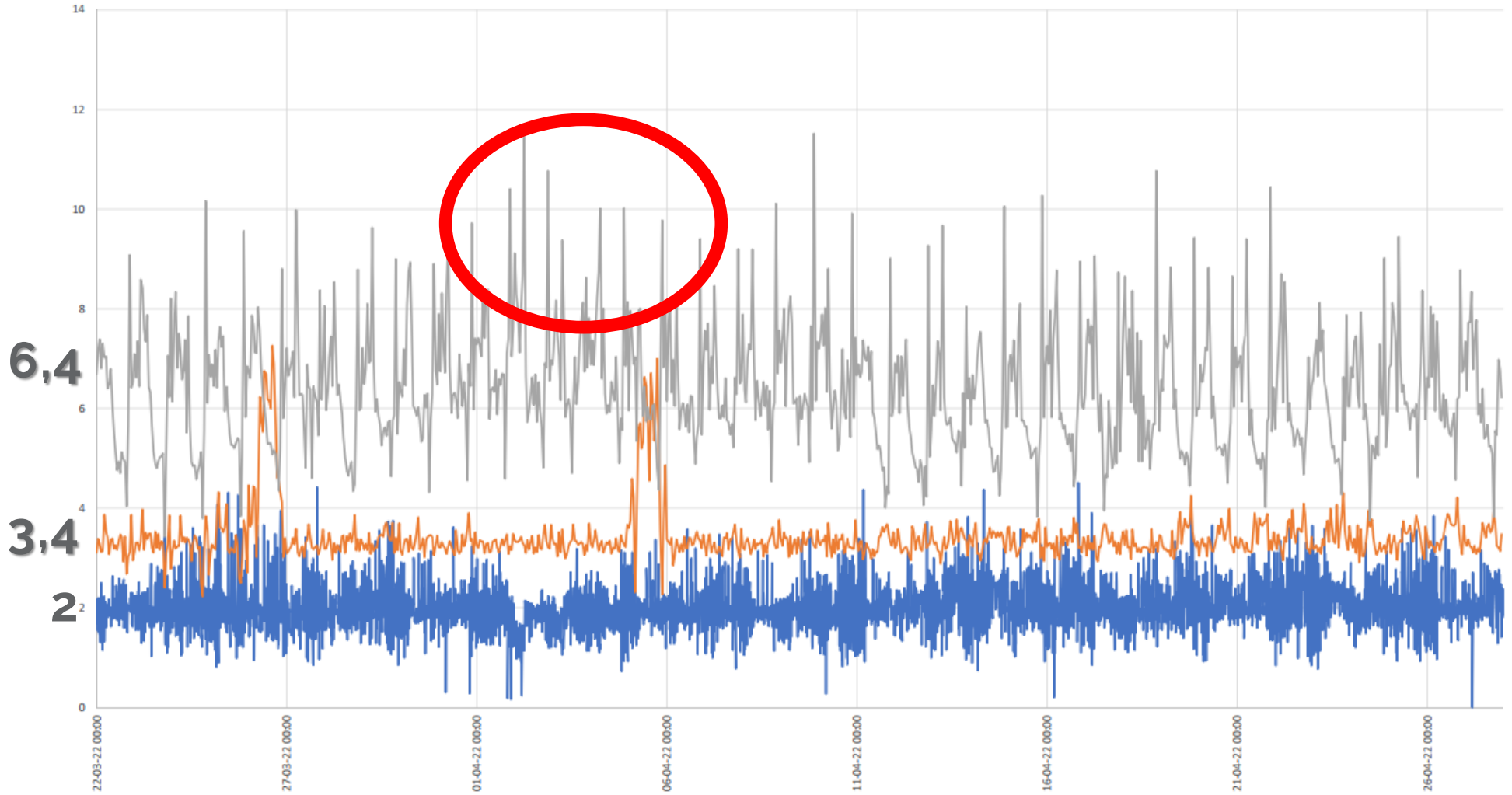
**GROUPE PROPANE R290 - GLYCOL**

COP TOTAL : +/-4





# COP FROID

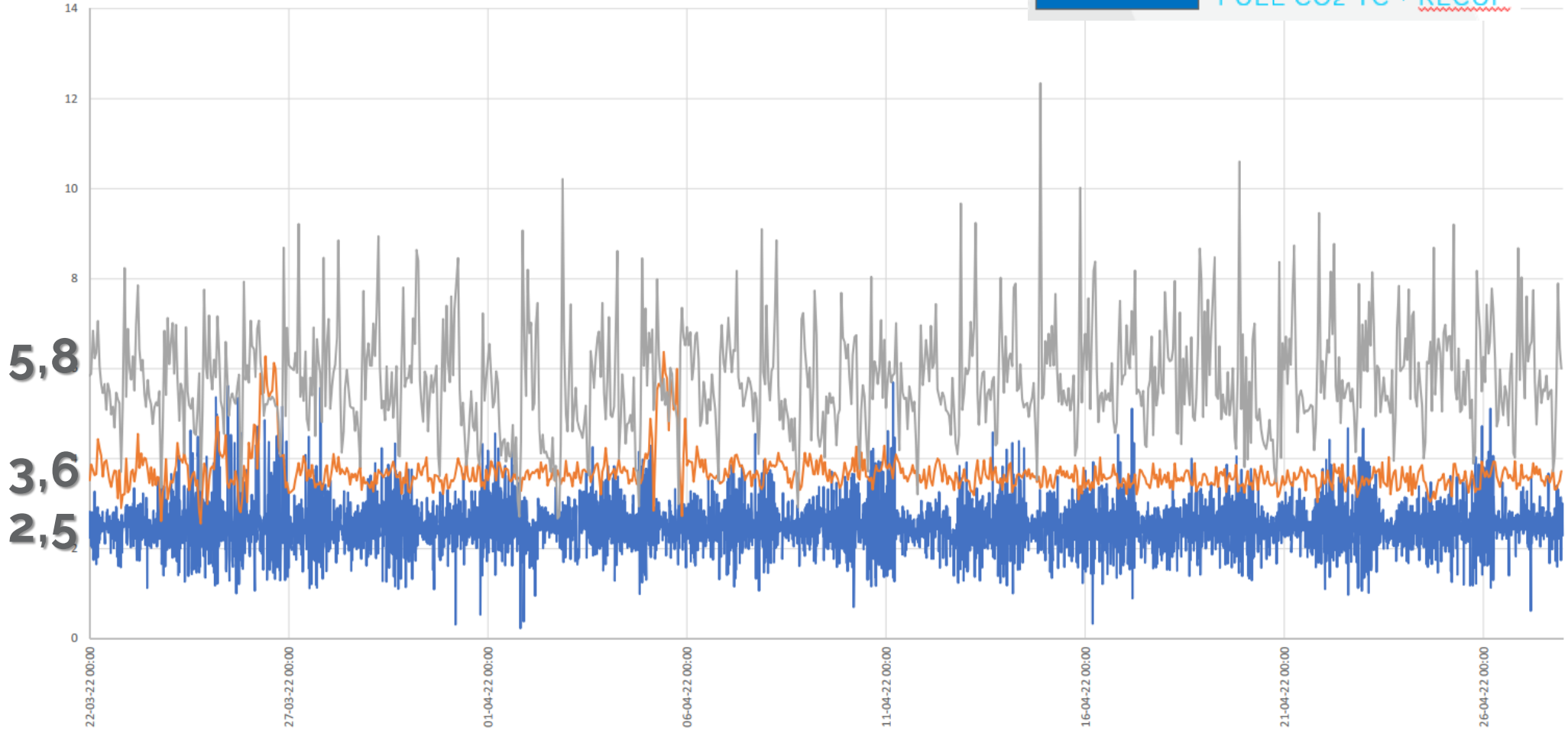


22 MARS  
22

26 AVRIL 22



# COP GLOBAL



22 MARS  
22

26 AVRIL 22

# MERCI POUR VOTRE ATTENTION !



Le monde du froid recrute !!!! : le métier de frigoriste est en pénurie majeure.