



# Quelques informations pratiques

- Merci de couper vos micros et caméras
- Une session de questions-réponses est prévue après chaque intervention. Pour participer :
  - Utilisez le chat écrit
  - Précisez dans le chat si vous souhaitez intervenir à l'oral
- Les présentations seront disponibles sur l'extranet ALLICE sous quelques jours.
- Contactez le 06.14.57.28.88 en cas de souci technique.



**Bon visionnage !**

# Sommaire

- **Restitution de l'étude ALLICE Froid performant dans l'Industrie**
- **Présentation de technologies innovantes:**
  - **Cold ID**
  - **BL Thermodynamics**
  - **Water Horizon**

## Les intervenants chargés de l'étude



Pierre Richard  
CETIAT



T. Deronzier  
Enea Consulting

## Les présentateurs des technologies de froid innovantes



Rim El Arjoun  
Cold ID



Marc Lebrequer  
BL Thermodynamics



Nicolas Botman  
Water Horizon



# Contexte, objectifs et méthodologie de l'étude

## Contexte

Cette étude a pour but d'identifier et d'évaluer des solutions innovantes pour la production de froid industriel.

Pour les adhérents d'ALLICE, cette étude permettra de:

1. Fournir aux fabricants une appréciation du **potentiel marché** de leurs solutions
2. Offrir aux industriels une **vision** sur les solutions leur permettant d'accroître leur efficacité énergétique

## Objectifs

1. **Identification des applications** où des rejets de chaleur fatale peuvent être valorisés pour la production de froid
2. **Evaluation et comparaison des technologies** performantes (évaluation technico-économique)
3. **Etude de cas** sur un procédé de séchage de lait
4. Des entretiens ont été réalisés avec des fournisseurs et des industriels

## Méthodologie

helioclim

COLD ID

THERMAX

YORK

Bry-Air

TotolEnergies

BL

WATERHORIZON

①

### Identifier

- 1.1 Identification des applications industrielles (refroidissement et chaleur fatale)
- 1.2 Quantification: besoin de froid et gisements de chaleur fatale
- 1.3 Synthèse de scénarios de couplages (froid/chaleur fatale) pertinents

②

### Evaluer

- 2.1 Evaluation technique des technologies de production de froid
- 2.2 Comparaison des technologies frigorifiques à absorption et à adsorption
- 2.3 Synthèse des technologies

③

### Cas d'étude

- 3.1 Etude de couplage chaleur fatale et froid dans un procédé industriel IAA.
- 3.2 Préparation et étude de données d'entrée du procédé
- 3.3 Comparaison de résultats de deux cas: base (CEE) et ALLICE (CEE + fond de chaleur)

# Phase 1 – Identification des secteurs



# Phase 1 – Identifier

- **Objectif : Identifier les secteurs adaptés au développement d'installations froid performant**
  - Gisement de chaleur fatale  $> 80^{\circ}\text{C}$  (éventuellement  $> 60^{\circ}\text{C}$ )
  - Besoin en froid  $> -30^{\circ}\text{C}$
- **Les « bons » secteurs :**
  - Gisements de chaleur  $>$  Besoins de froid
  - Secteur avec des enjeux énergétiques importants
- **Travail engagé par le CETIAT en quatre phases**
  - 1) Pré-sélection des secteurs
  - 2) Caractérisation des gisements de chaleur
  - 3) Caractérisation des besoins de froid
  - 4) Mise en adéquation

# Phase 1 – Identifier

## Présélection des secteurs

- **Besoins en froid**

- Raisonnement :

Le froid est quasi intégralement produit à partir d'électricité

- Source principale : CEREN

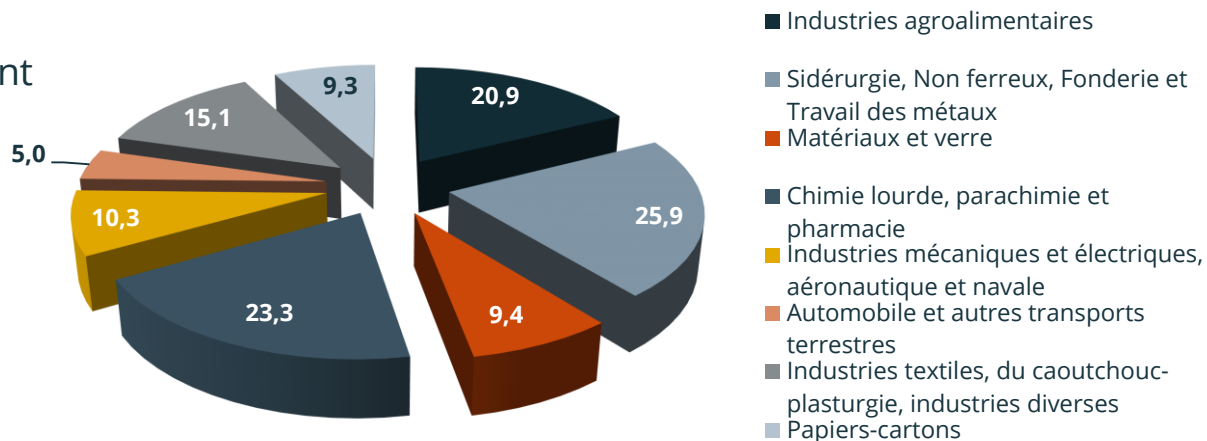
- Secteurs les plus consommateurs :

Sidérurgie : 25,9 TWh/an

Chimie lourde : 23,3 TWh/an

IAA : 20,9 TWh/an

Consommation d'électricité dans l'industrie (TWh/an)



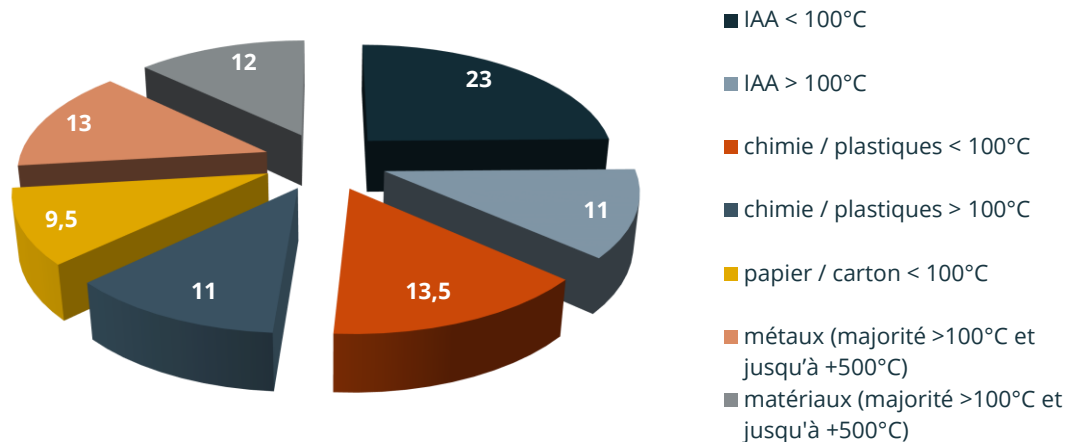
# Phase 1 – Identifier

## Présélection des secteurs

- **Gisements de chaleur fatale**

- Source principale : ADEME
- Secteurs les plus émetteurs :  
IAA : 34,0 TWh/an  
Chimie/Plastiques : 24,5 TWh/an

Source de chaleur fatale (TWh/an)



**Focus sur les secteurs  
Agroalimentaire et Chimie  
lourde**

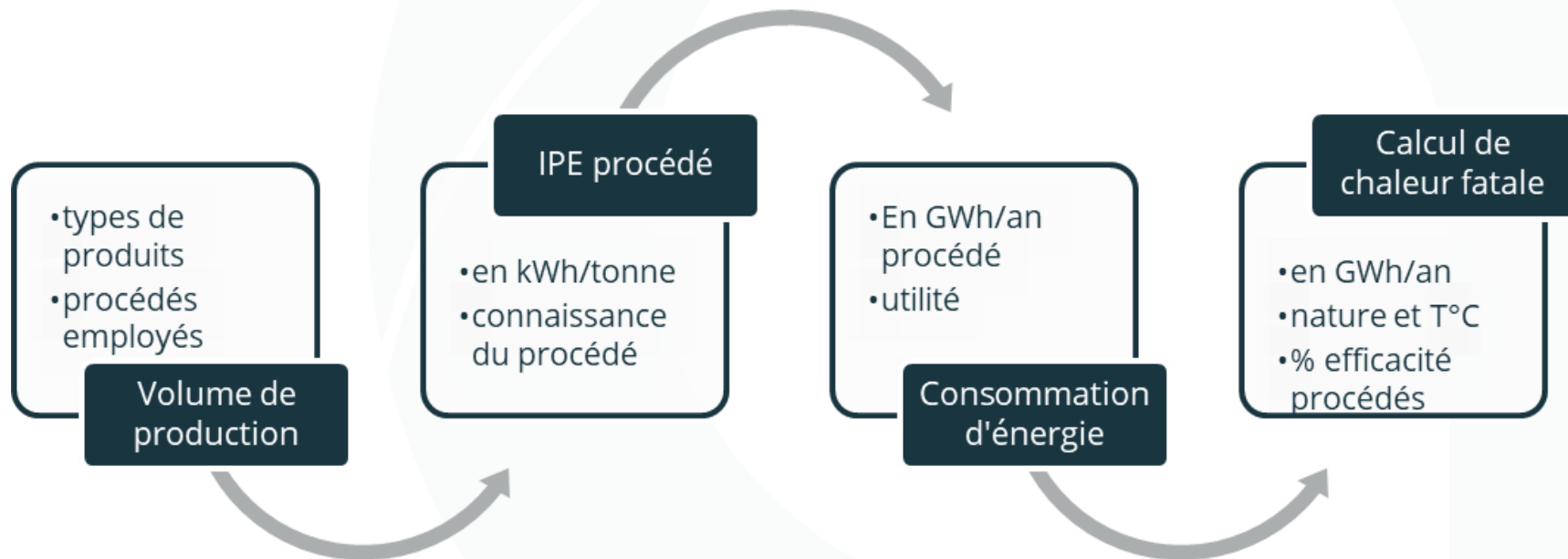
# Phase 1 – Identifier

## *Présélection des secteurs*

- **Recentrage sur certains sous-secteurs**
- **Industrie Agroalimentaire**
  - Industrie laitière
  - Abattage et transformation de la viande
  - Bière
  - Transformation et conservation des fruits et légumes
  - Pâtes alimentaires
- **Chimie / Pétrochimie**
  - Chimie minérale (ammoniac et engrais azotés )
  - Chimie organique (production de monomères et de polymères)
  - La production de gaz de l'air

# Phase 1 – Identifier

## *Gisements de chaleur - Méthodologie*



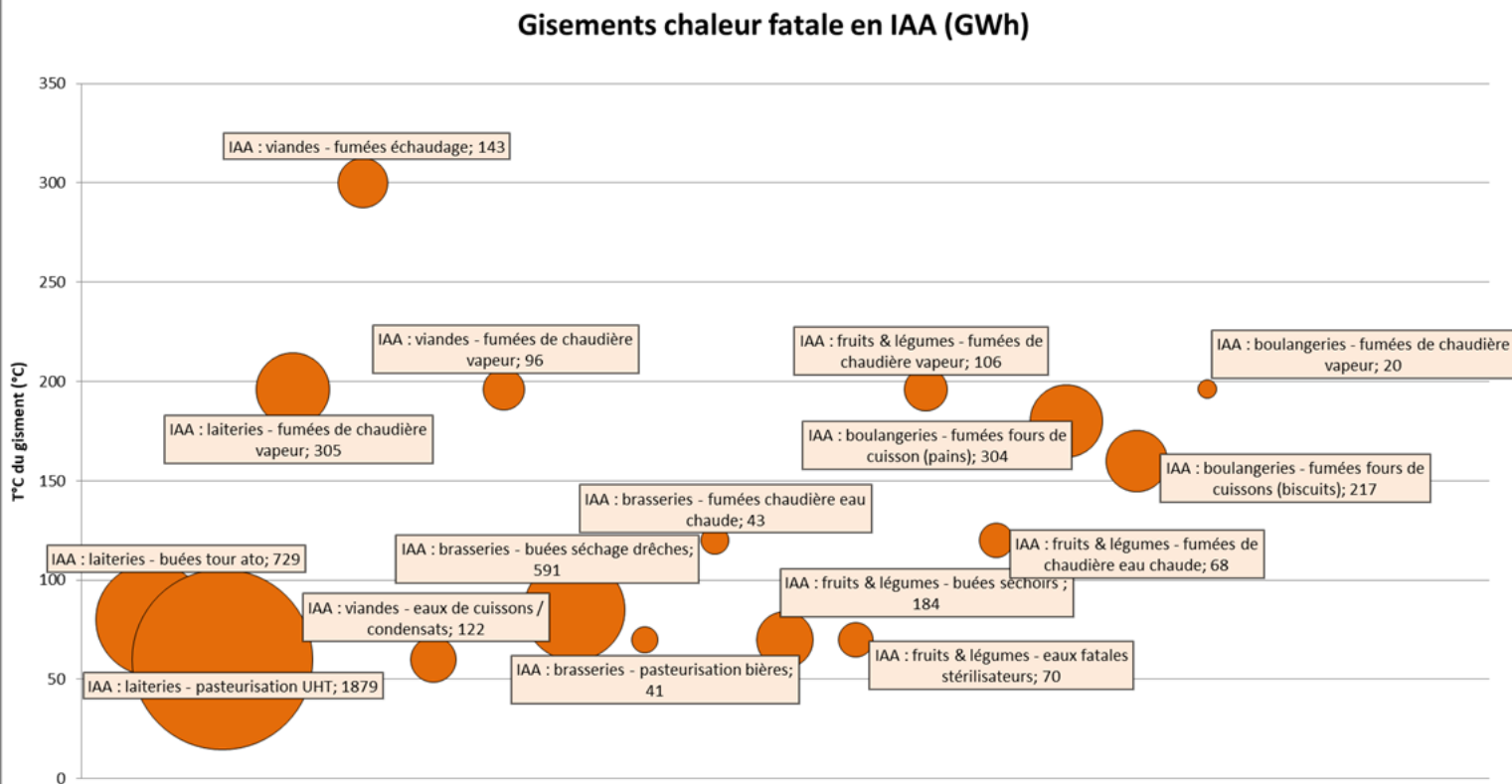
# Phase 1 – Identifier

## *Gisements de chaleur – IAA*

| secteur          | type                        | T°C rejet | Gisement (GWh) | Total secteur (GWh) | REX CETIAT                                                               |
|------------------|-----------------------------|-----------|----------------|---------------------|--------------------------------------------------------------------------|
| IAA : brasseries | buées séchage drêches       | 85        | 591            | 674                 | buées de séchoirs humides et assez chaudes, mais saisonnalité importante |
|                  | pasteurisation bières       | 70        | 41             |                     |                                                                          |
|                  | fumées chaudière eau chaude | 120       | 43             |                     |                                                                          |

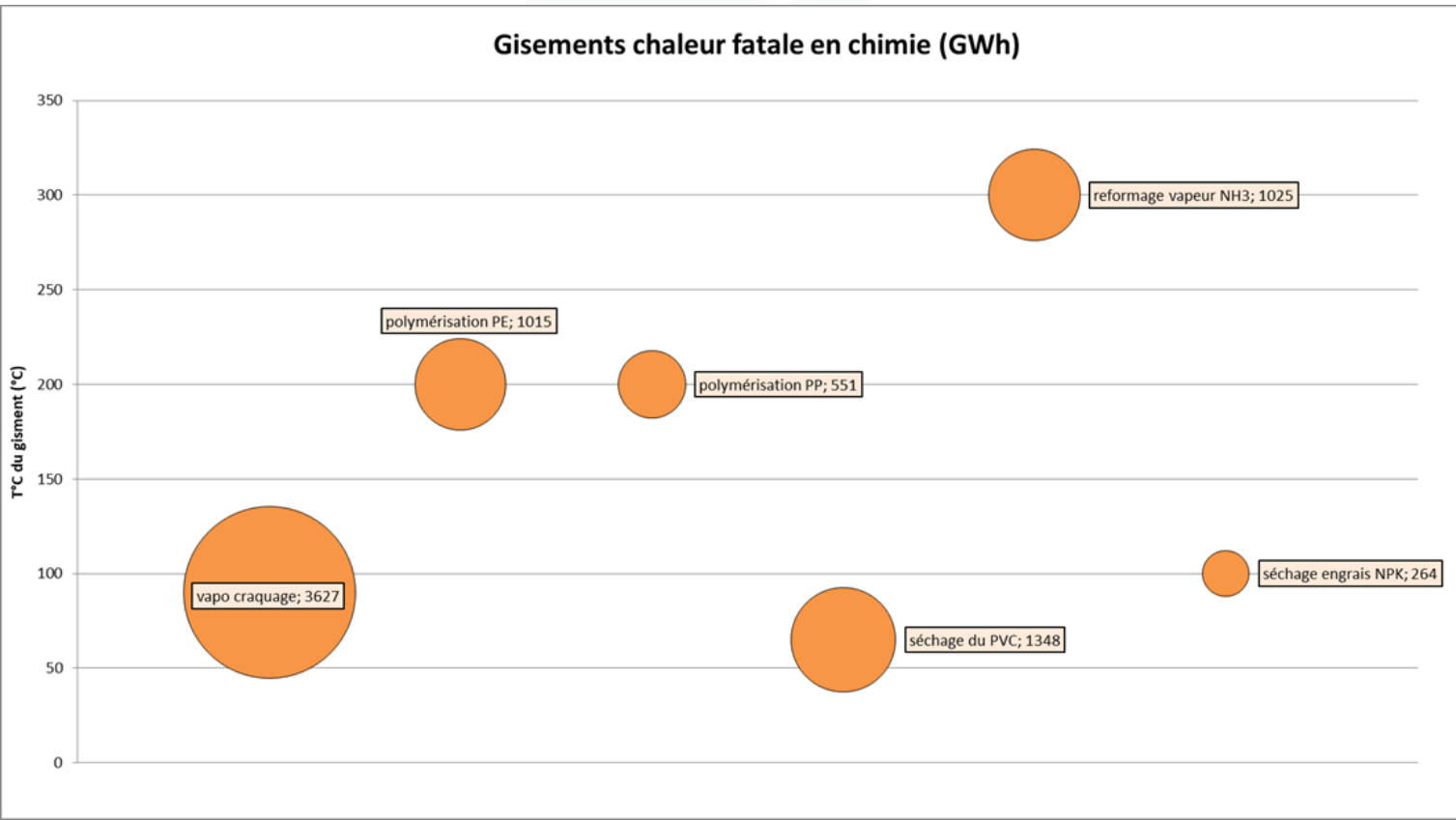
# Phase 1 – Identifier

## *Gisements de chaleur - IAA*



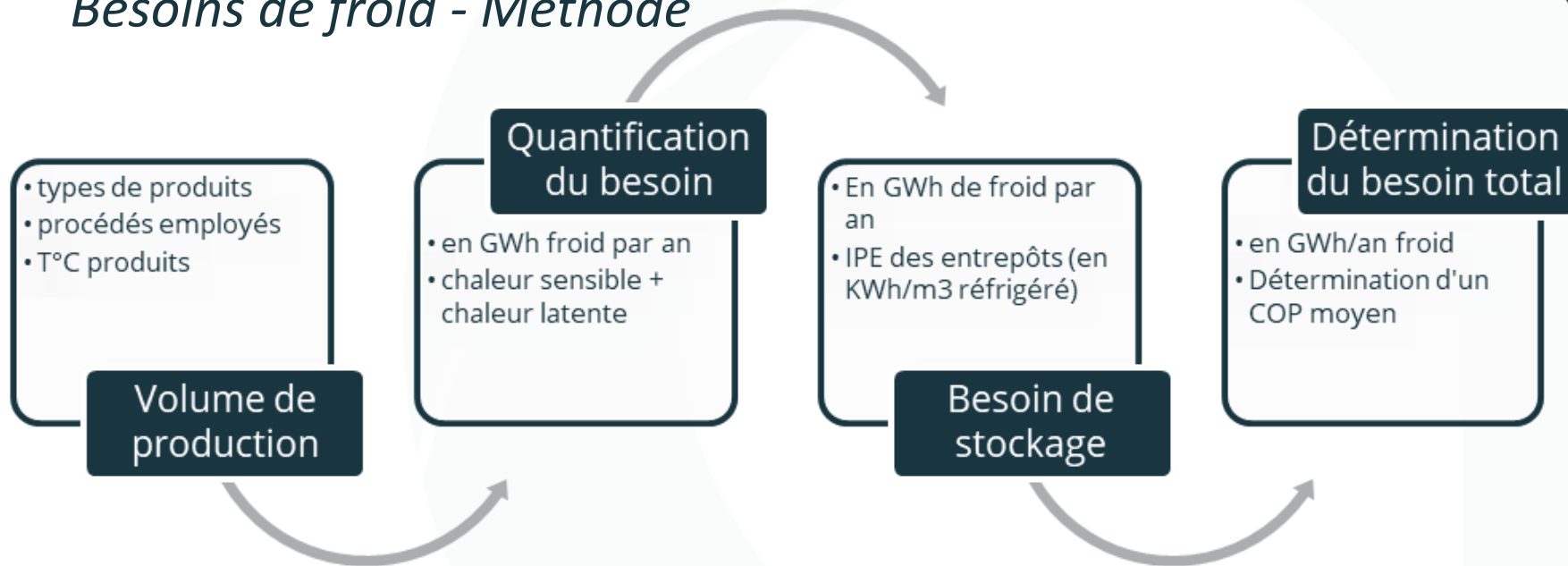
# Phase 1 – Identifier

## *Gisements de chaleur – Chimie*



# Phase 1 – Identifier

## *Besoins de froid - Méthode*

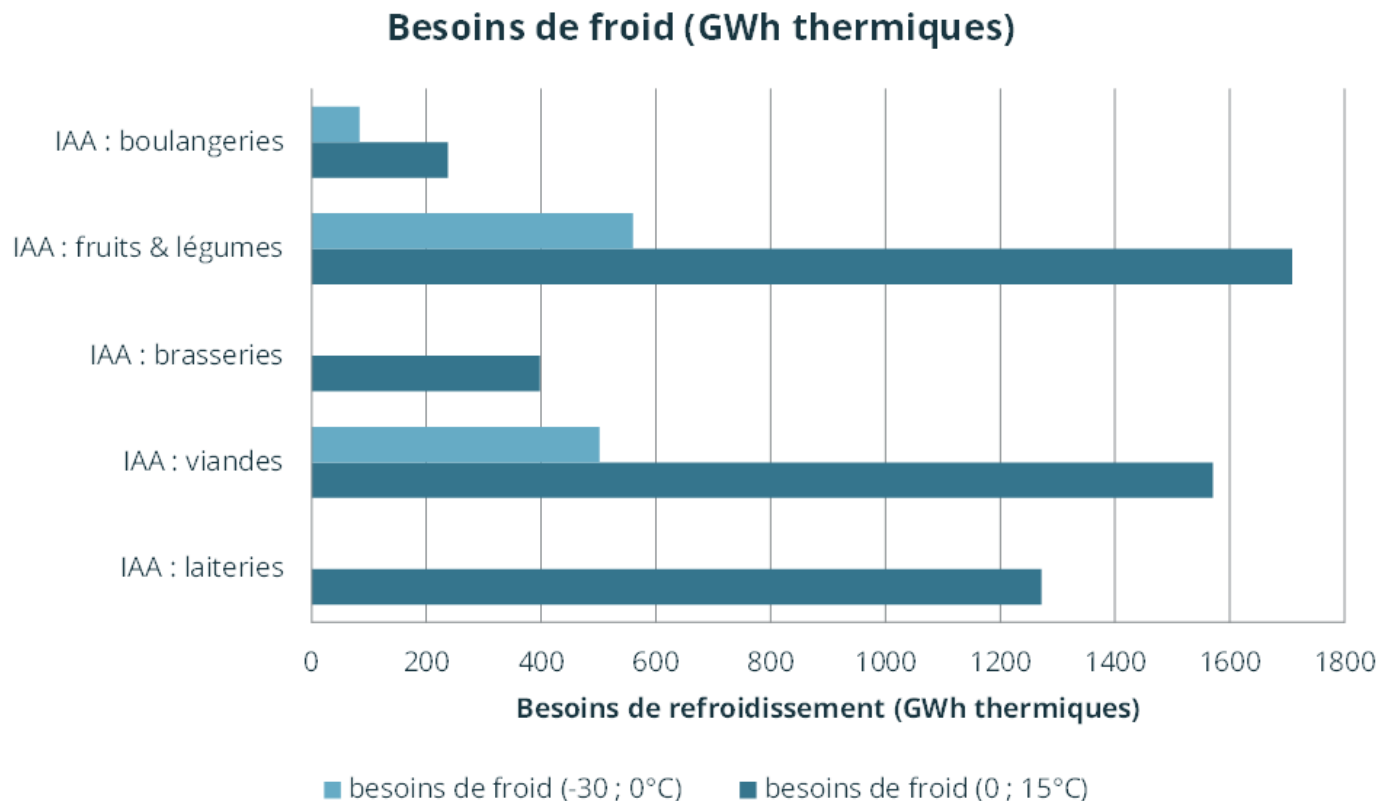


Trois niveaux de besoins froid : **<30°C, de -30 à 0°C, de 0 à 15°C**

Données : CEMAFROID et étude européenne

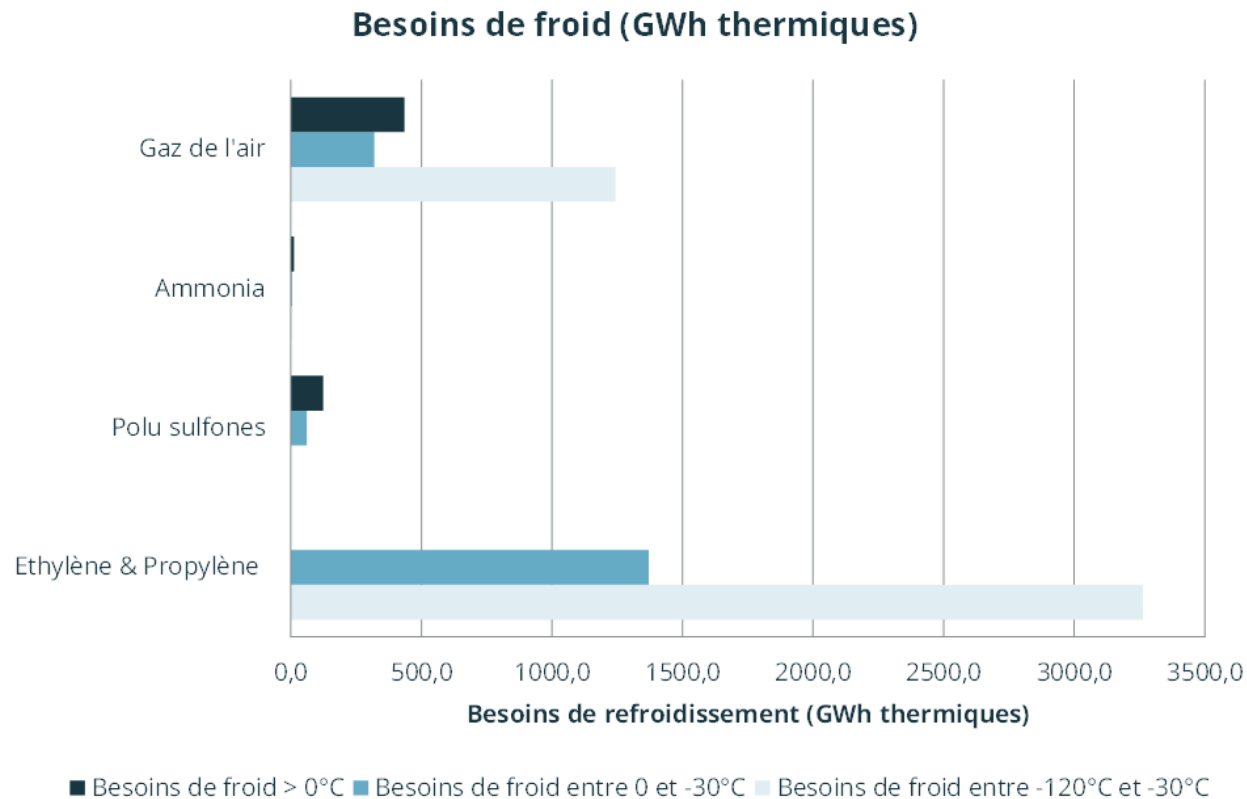
# Phase 1 – Identifier

## *Besoins de froid - IAA*



# Phase 1 – Identifier

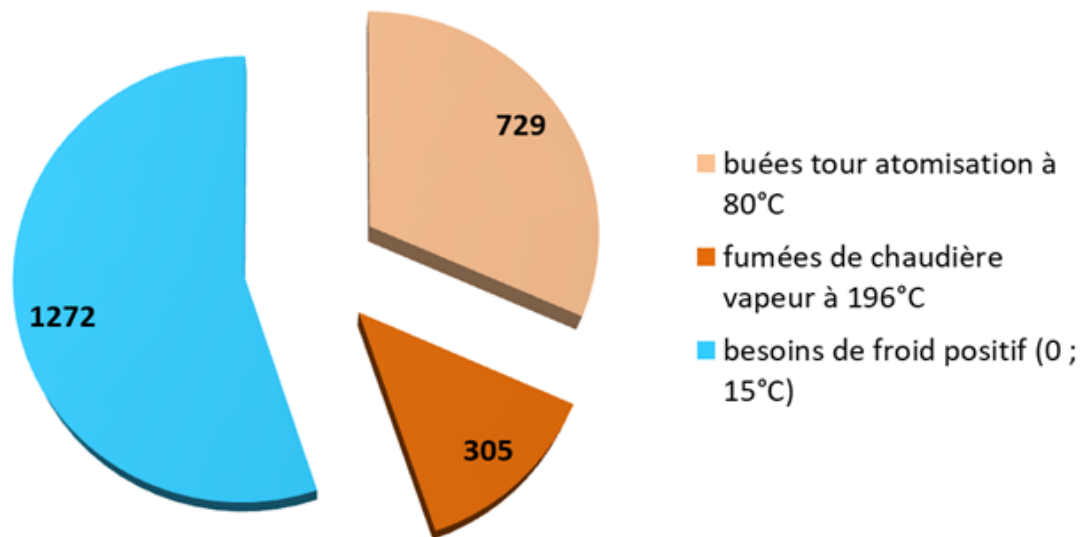
## *Besoins de froid - Chimie*



# Phase 1 – Identifier

## Synthèse

Quantification en IAA : laiteries (GWh, th)

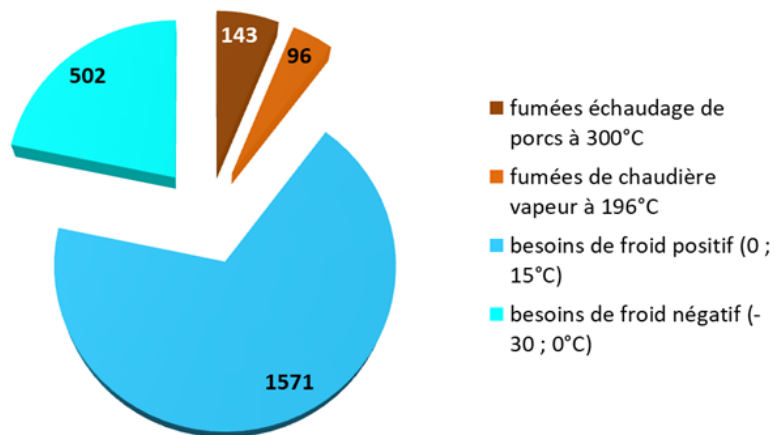


**Secteur pertinent**

# Phase 1 – Identifier

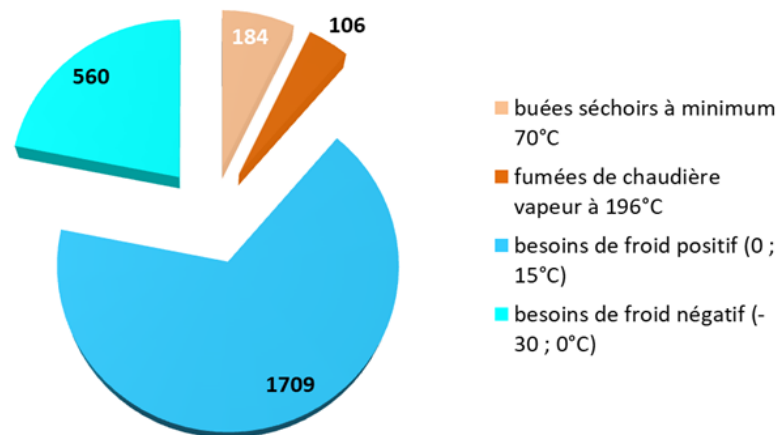
## Synthèse

Quantification en IAA : viandes (GWh, th)



**Ponctuellement  
intéressant**

Quantification en IAA : fruits & légumes (GWh, th)

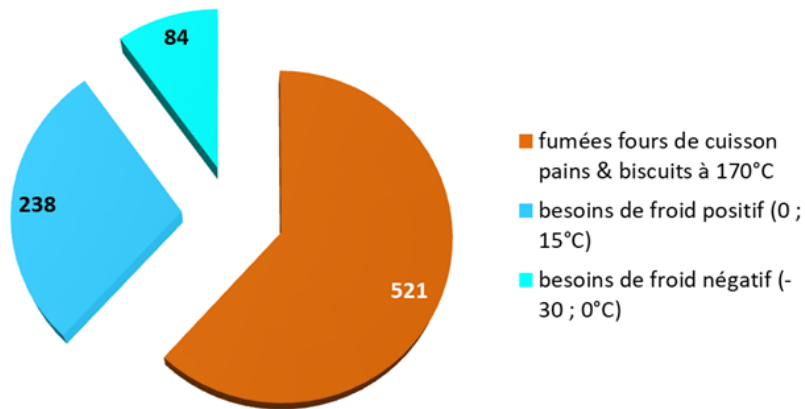


**Ponctuellement  
intéressant**

# Phase 1 – Identifier

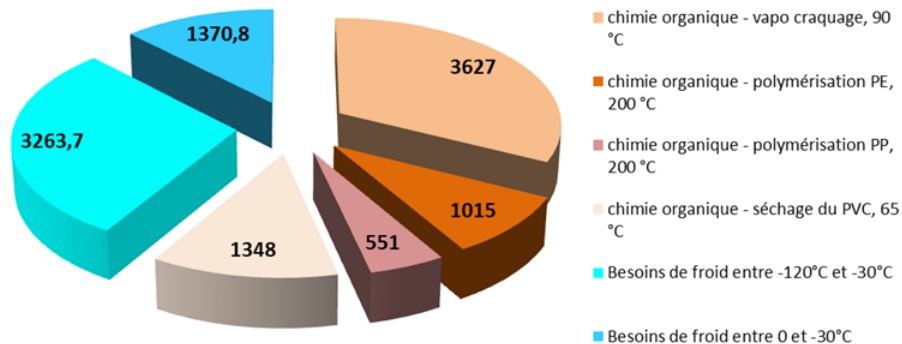
## Synthèse

Quantification en IAA : pains & biscuits (GWh, th)



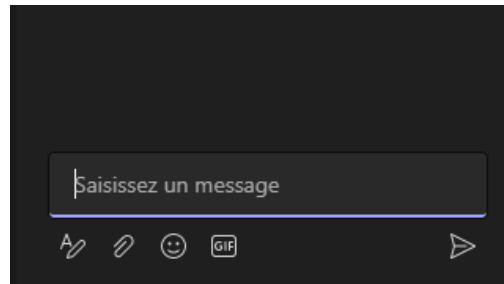
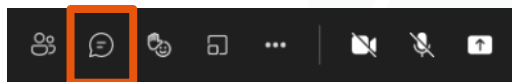
Secteur pertinent

Quantification en chimie organique (GWh)



Secteur pertinent

# Posez vos questions !

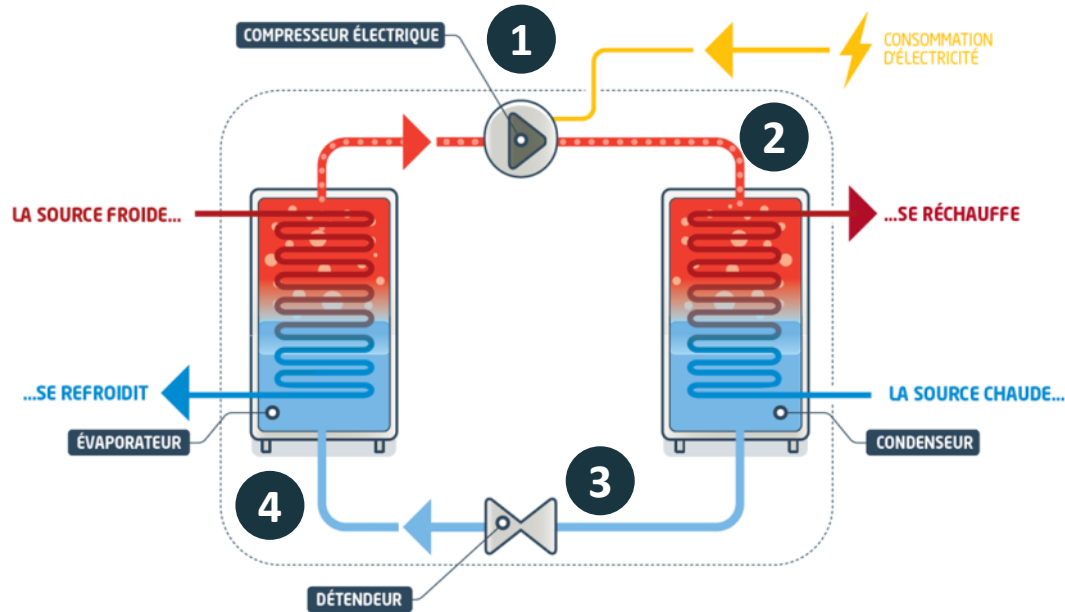


# Partie 2 – Évaluation des technologies



# Pour extraire la chaleur du milieu ambiant, les machines frigorifiques utilisent un fluide frigorigène qui subit 4 grandes transformations thermodynamiques

Schéma de fonctionnement d'une machine frigorifique traditionnelle



Principales étapes du cycle thermodynamique

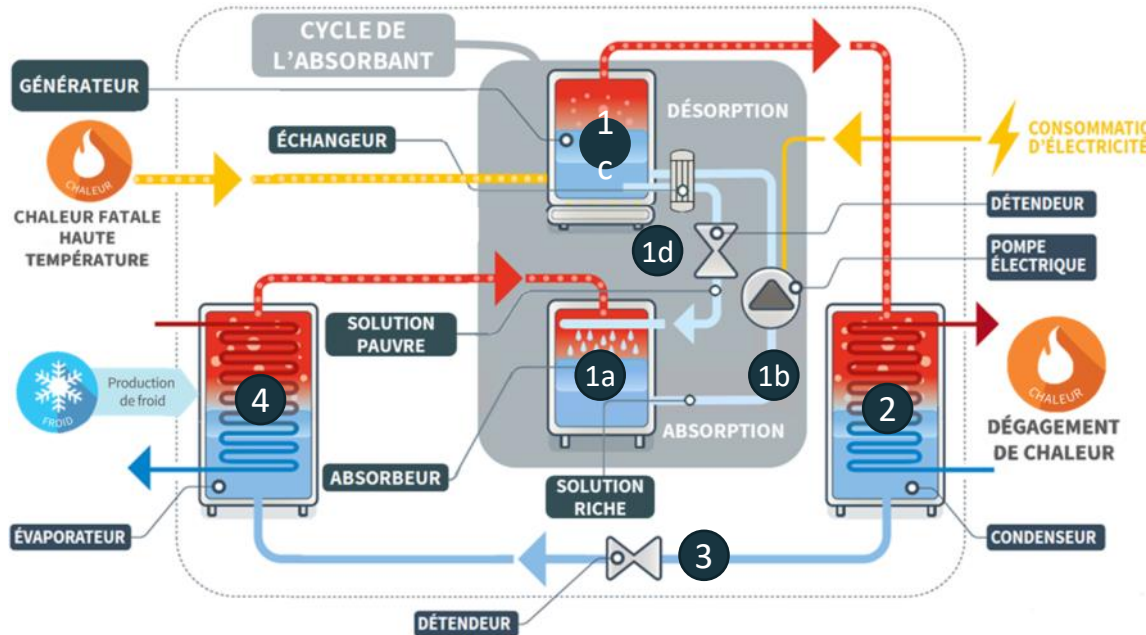
- 1 Compression électrique 🔍
- 2 Condensation
- 3 Détente
- 4 Évaporation

Les machines traditionnelles utilisent **des compresseurs électriques** qui concentrent une demande importante en **électricité**. Les machines à sorption sont des systèmes alternatifs qui utilisent une **compression thermochimique** fonctionnant principalement grâce à une **source de chaleur basse température**.

Sources : Illustration Allice / CETIAT

# En plus d'un fluide réfrigérant, les machines à absorption utilisent un absorbant dont les propriétés thermochimiques sont exploitées pour la compression

Schéma de fonctionnement d'une machine frigorifique à absorption



Principales étapes du cycle thermodynamique

## Étapes modifiées vs machine traditionnelle

- 1a Mise en contact de l'absorbant et du réfrigérant
- 1b Pompage du mélange
- 1c Chauffage et séparation du mélange
- 1d Détente de l'absorbant

## Étapes peu modifiées vs machine traditionnelle

- 2 Condensation
- 3 Détente
- 4 Évaporation

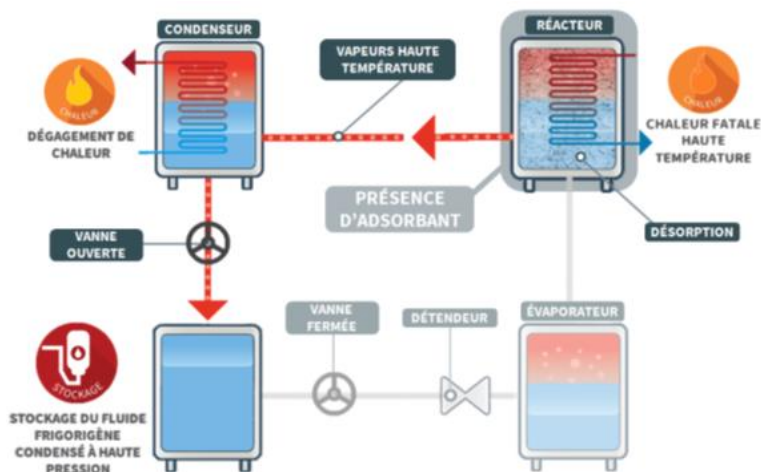
L'absorption est un processus physique et chimique au cours duquel un fluide **pénètre** dans une phase dite absorbante. Ce processus ne peut avoir lieu à moyenne et haute température. Ainsi pour **séparer le réfrigérant de l'absorbant**, les machines à absorption **chauffent le mélange** (1c)

Sources : Illustration Allice / CETIAT



# Les machines à adsorption combinent l'utilisation d'un adsorbant et d'un fluide frigorigène et fonctionnent en 2 temps<sup>(1)</sup>

Fonctionnement en phase de charge

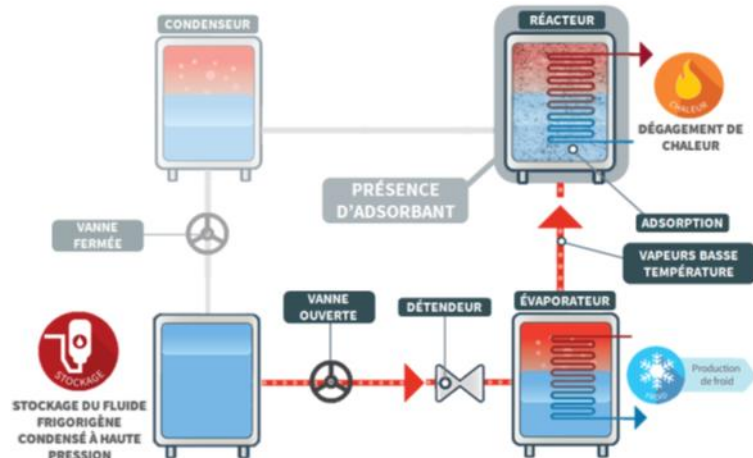


**Objectif :** Séparer l'adsorbant et le réfrigérant (alors mélangé dans le réacteur) pour obtenir le réfrigérant condensé



**Moyens :** Chauffer le mélange dans le réacteur pour dissocier les constituants puis condenser le réfrigérant

Fonctionnement en phase de décharge



**Objectif :** Produire le froid pour diminuer la température du milieu ambiant



**Moyens :** Détendre puis évaporer le réfrigérant et saturer ensuite l'adsorbant en réfrigérant



L'adsorption est un phénomène de fixation de molécules à la surface de **solides**. Son intensité diminue avec la **température**<sup>(2)</sup>

**Notes :** (1) Sauf dans le cas de systèmes plus élaborés comprenant au moins 2 évaporateurs, (2) Comme le phénomène d'absorption; **Sources :** Illustration Allice-CETIAT

# Présentation de technologies à sorption

**Cold ID**

**BL Thermodynamics**



EXPERTS EN TECHNOLOGIES THERMIQUES  
DURABLES - DECARBONNEES - 100% MADE IN FRANCE



Cold ID, conçoit et développe des solutions de production thermique éco-innovantes

Grâce à l'utilisation d'un réfrigérant respectueux de l'environnement et à la valorisation de chaleurs durables, nos solutions offrent une alternative durable à la réfrigération conventionnelle et s'inscrivent pleinement dans la transition écologique.

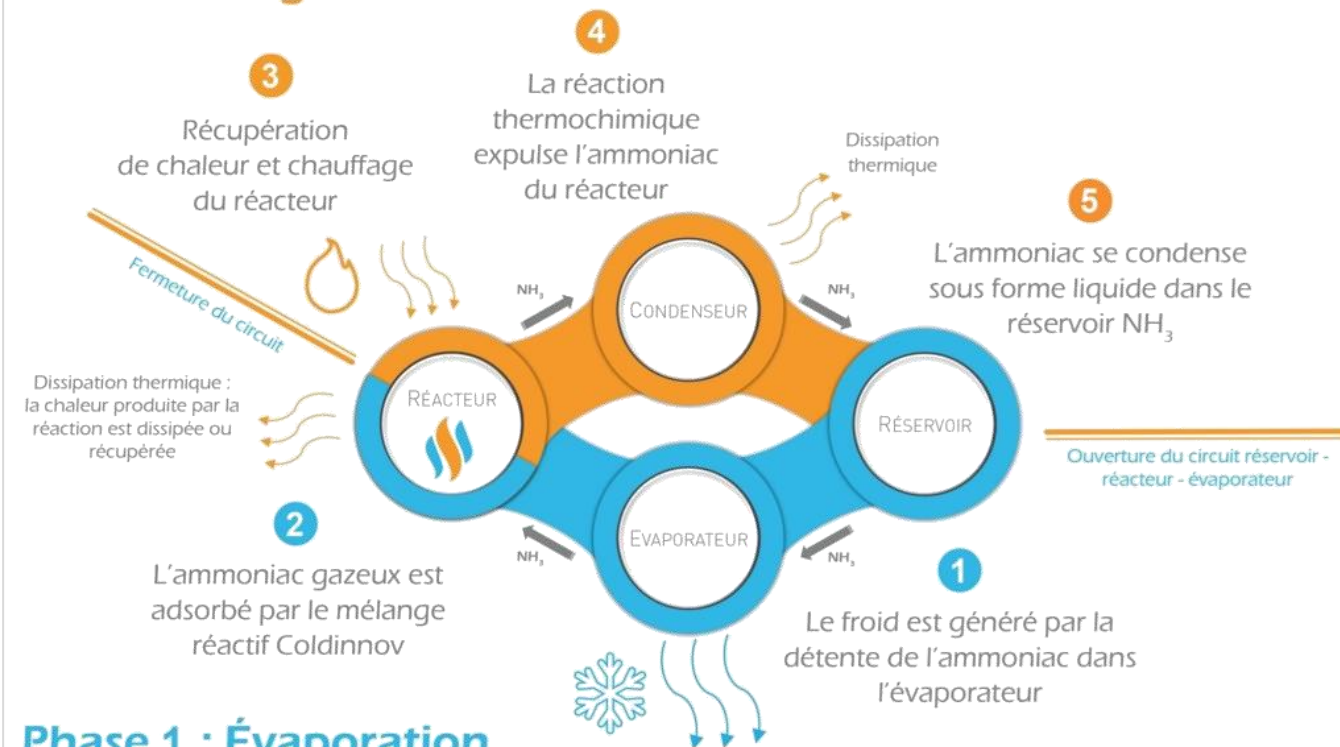
### SOLUTION DE RUPTURE PRIMÉE ET RECONNUE





Véritable pile thermique permettant la production de froid positif ou négatif par une réaction thermochimique au sein d'un réacteur breveté

## Phase 2 : Régénération



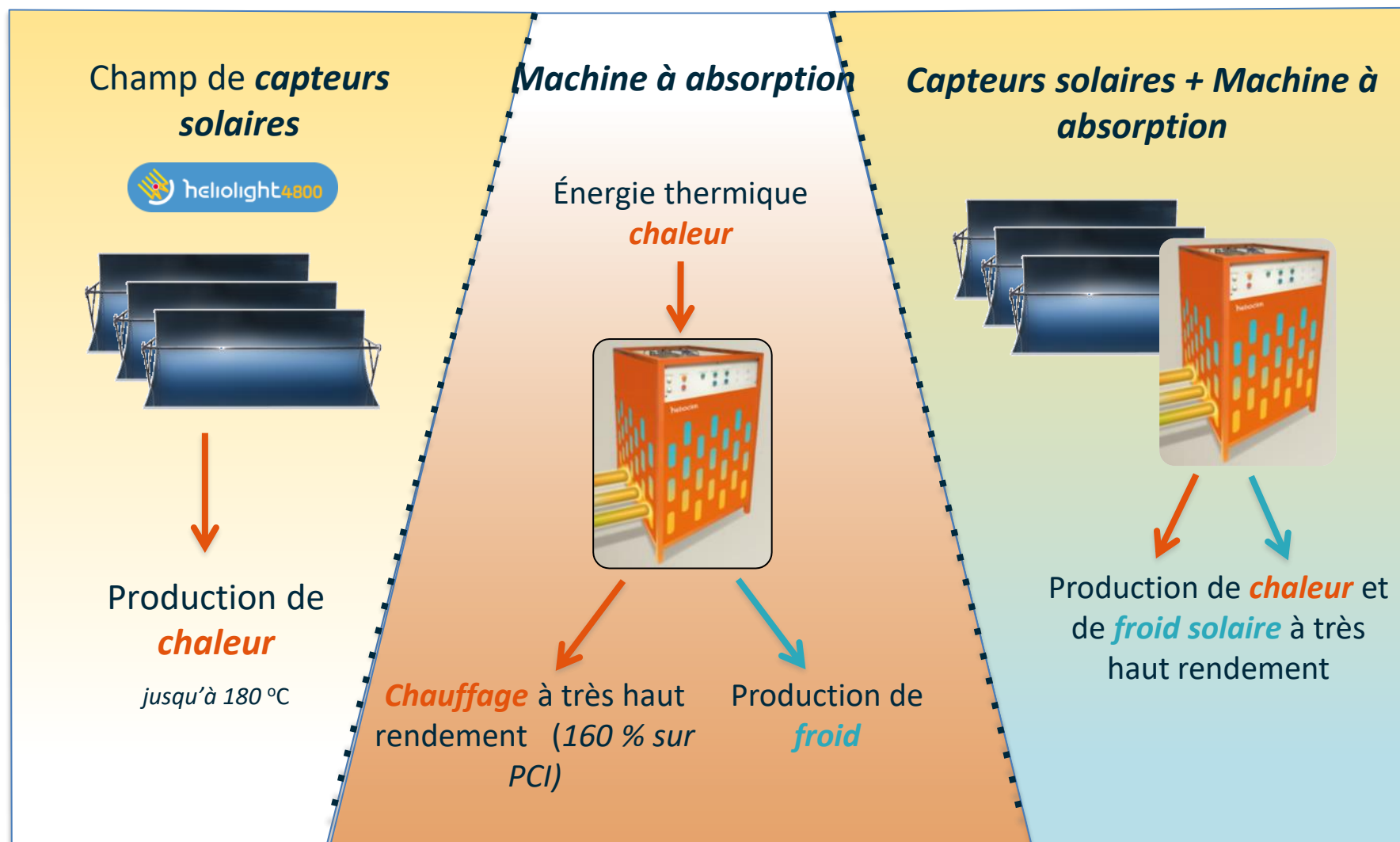
Permet la conversion instantanée ou le stockage chimique de froid

Complète ou se substitue à une production frigorifique existante ou non

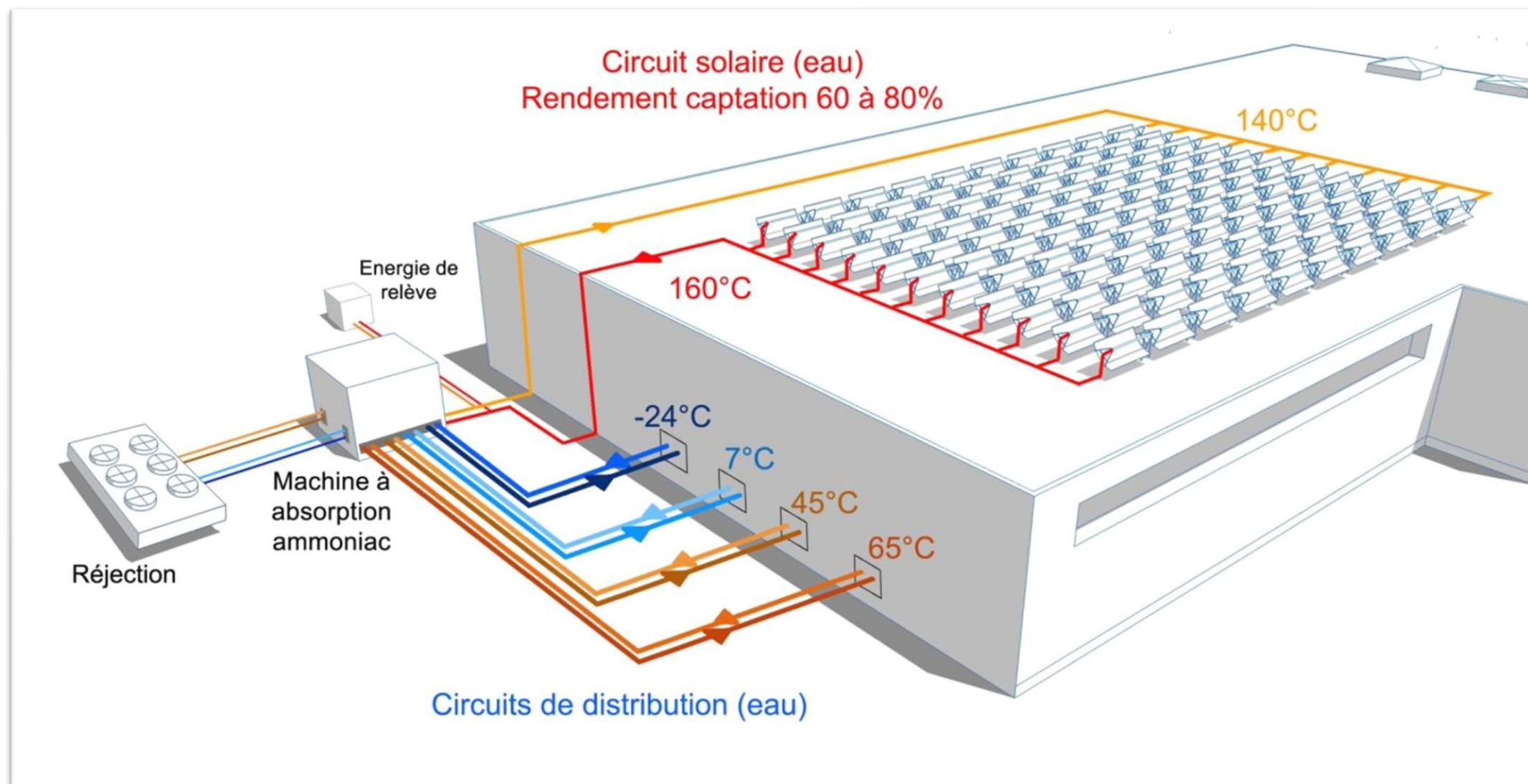
Puissance modulable de 2 kW à plus de 500 kW



3 applications *modulables* basées sur 2 briques technologiques *innovantes*

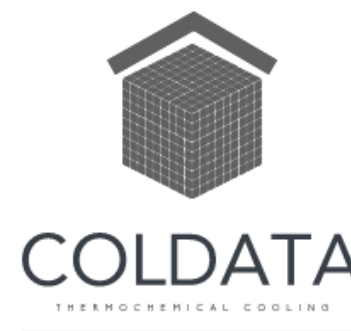


# COUVERTURE DE L'ENSEMBLE DES BESOINS EN CHAUD ET FROID





- ❖ La solution Cold ID permet de valoriser les chaleurs issues de différentes sources dans une fourchette de 50° à 200°C
- ❖ Une approche spécifique a été pensée pour chaque secteur afin de faciliter l'intégration de notre solution à des structures déjà existantes
- ❖ Un accompagnement technique et financier tout au long des projets





Rim EL ARJOUN

[rim.e@cold-id.com](mailto:rim.e@cold-id.com)

0640225418

[www.cold-id.com](http://www.cold-id.com)

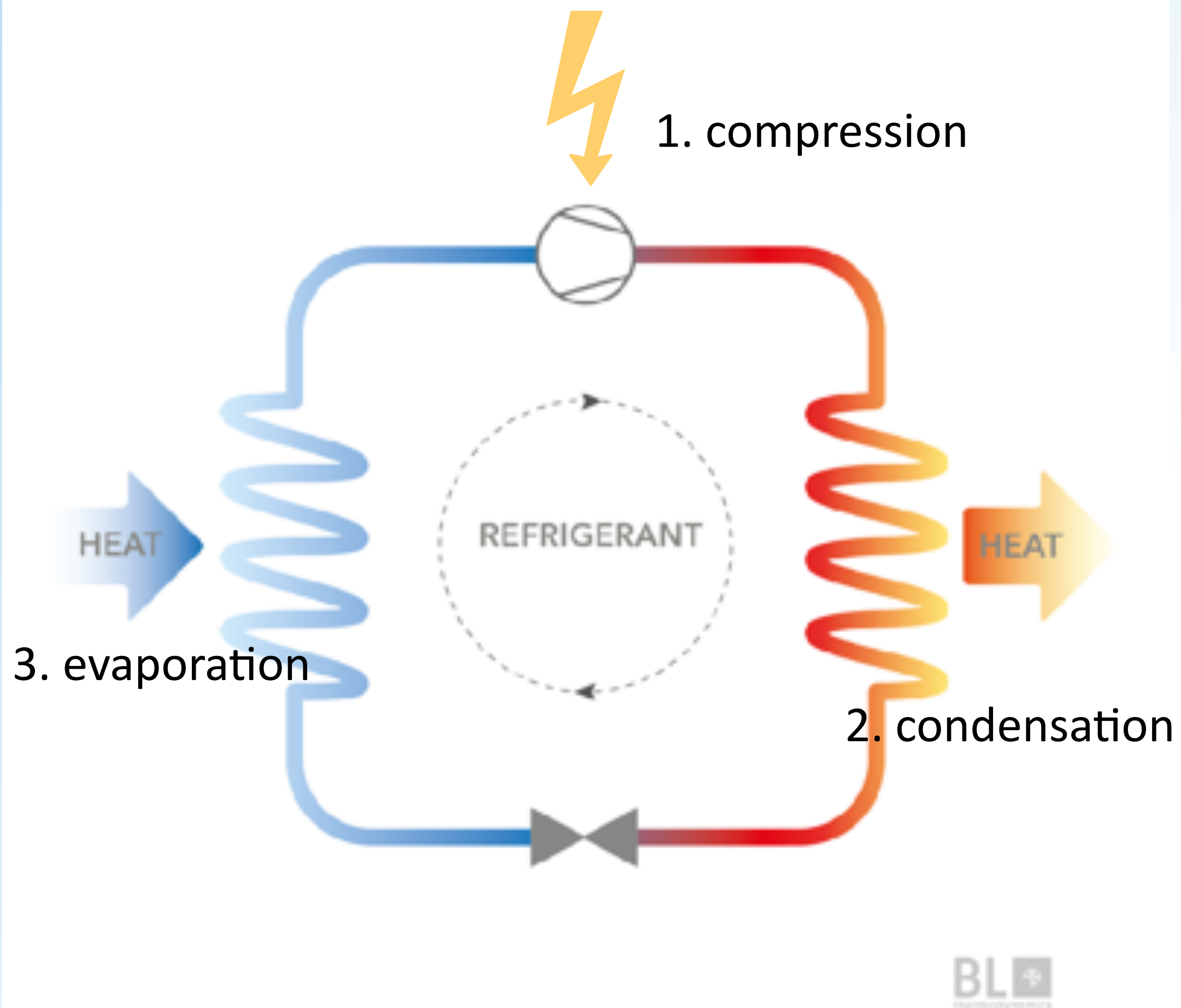
# A sustainable way of cooling and heating with ammonia absorption refrigeration plants and heat pumps



Tiago Bassols-Rheinfelder  
CEO of Bassols & Lebrequer GmbH  
[t.bassols@bl-thermo.com](mailto:t.bassols@bl-thermo.com)

# The process of industrial refrigeration

## Compression refrigeration



1. mechanical work

→ compressing the refrigeration gas

2. liquifying in the condenser

→ condensation heat has to be rejected

3. expansion and evaporation

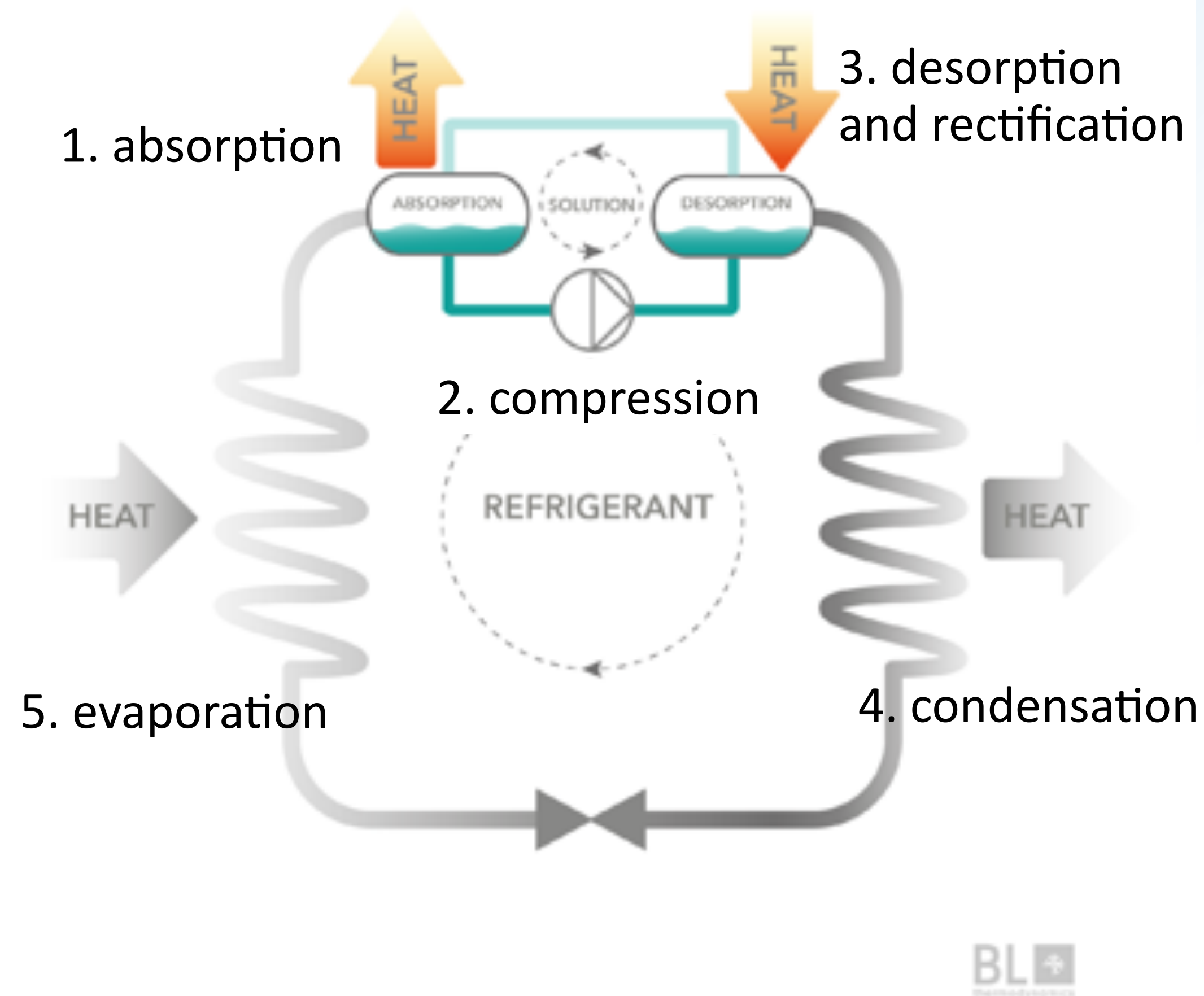
→ evaporation heat is taken from the chilled media

→ **Evaporation + compression heat have to be rejected to the ambient.**



# The process of industrial refrigeration

## Absorption refrigeration



1. absorbing the refrigerant

→ the refrigerant gas is dissolved in a suitable liquid

2. pumped to high pressure

→ the refrigerant is compressed in a liquid state

3. in the desorber refrigerant is separated

→ by heat supply and rectification

4. liquifying in the condenser

→ evaporation heat is taken from the chilled media

5. expansion and evaporation

→ evaporation heat is taken from the chilled media

→ **Evaporation + desorber heat have to be rejected to the ambient**



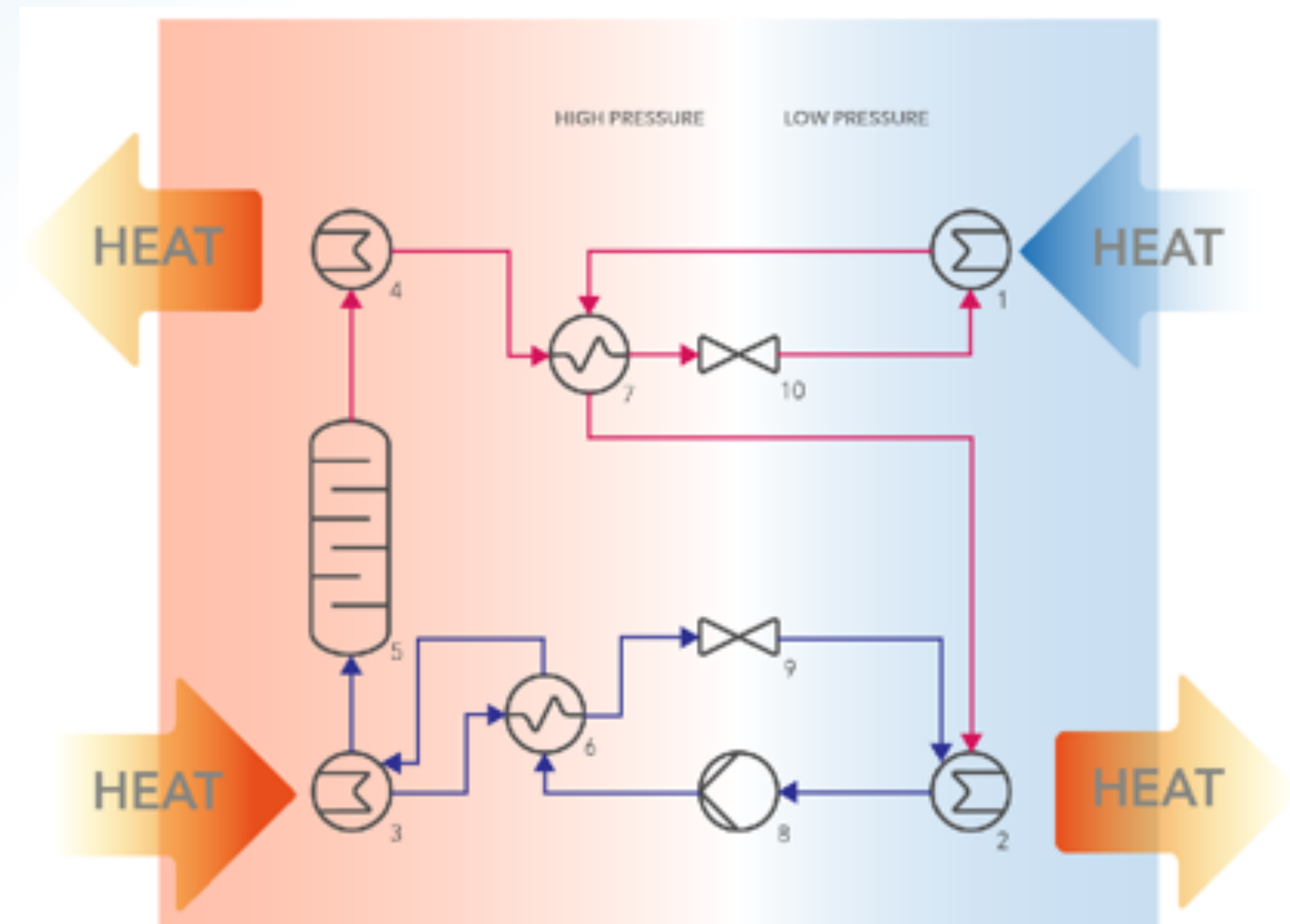
# Two types of absorption refrigeration plants

|                           | Lithium bromide                    | ammonia water            |
|---------------------------|------------------------------------|--------------------------|
| Refrigerant               | water                              | ammonia                  |
| Solvent                   | lithium bromide solution           | water                    |
| Low pressure (evaporator) | approx. 6 mbar(a) = <b>vacuum</b>  | till approx. 100 mbar(a) |
| Evaporation temperature   | > 0°C                              | till approx. -70°C       |
| High pressure (desorber)  | approx. 40 mbar(a) = <b>vacuum</b> | between 8 and 20 bar(a)  |
| commercialisation         | serial product                     | customized units         |



# Main components of ammonia absorption refrigeration plant (AARP) modules

- different heat exchangers (1,2,3,4,6,7)
- rectification column (5)
- pump(s) (8)
- valves (9,10)
- very few mechanical parts
- no complex „high tech“ parts necessary
- easy automation and regulation



# Design parameters of an AARP

1. Evaporation temperature (y-axis)
2. Heat supply (driving heat) temperature (x-axis)
3. Re-cooling temperature , cooling water or wet bulb temperature (diagonal)

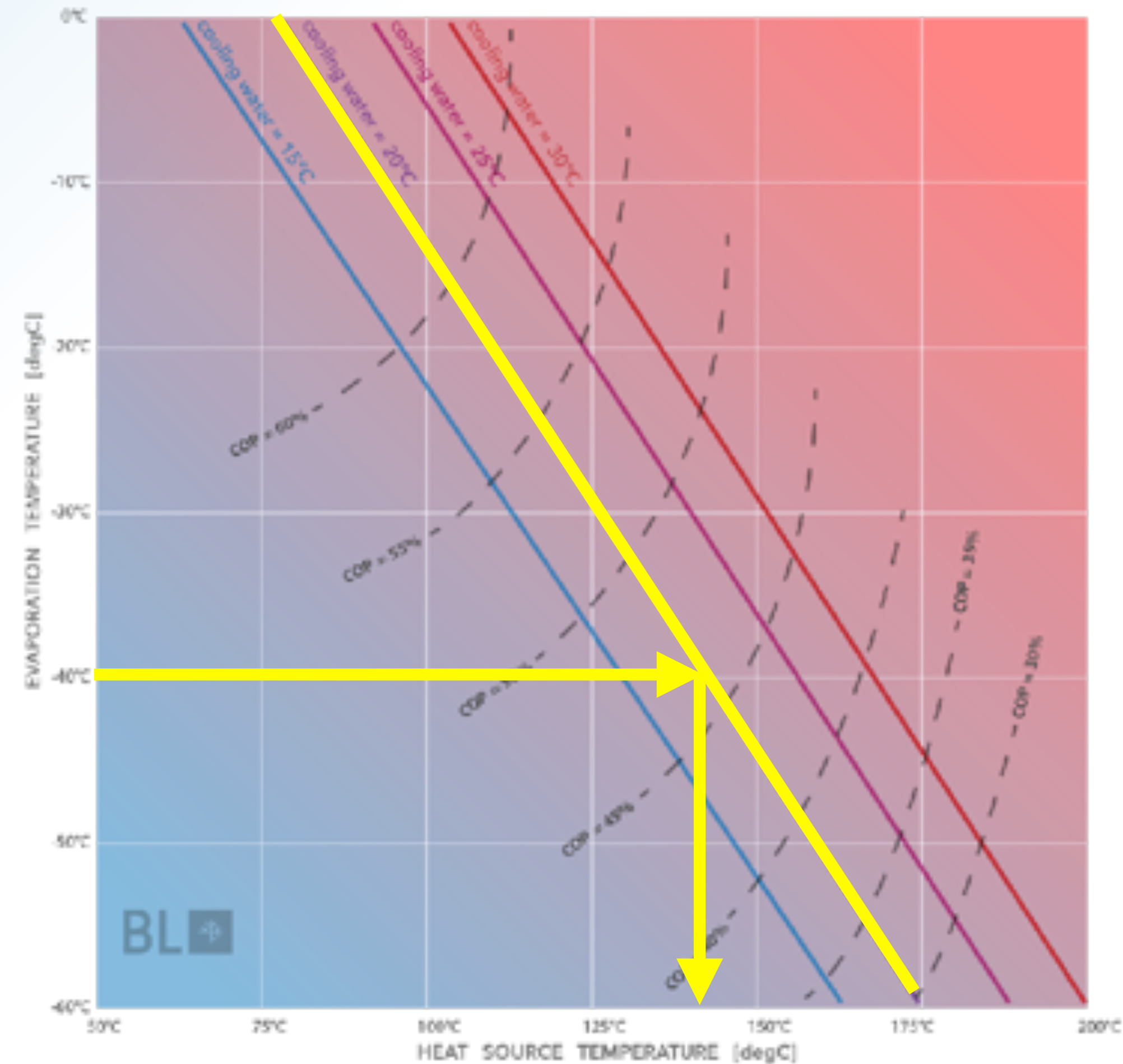
➡ **COP** = **C**oefficient **O**f **P**erformance (dotted lines)

example:

- cooling water temperature of **20°C**
- target refrigeration temperature (evaporation temperature) of **-40°C**
  - required heat supply temperature ≈ **140°C**

$$\Rightarrow COP = \frac{Q_c}{Q_h} \approx 0,46$$

➡ required heat supply is equal to 2,17 times the desired refrigeration capacity



# technology comparison

|                          | Ammonia Absorption Refrigeration                    | Ammonia Compression Refrigeration                                                                         |
|--------------------------|-----------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>temperatur range:</b> | in one stage down to -70°C                          | in several stages down to approx. -55°C                                                                   |
| <b>COP:</b>              | low => high heat input required                     | higher => low electric consumption                                                                        |
| <b>driving energy:</b>   | usage of waste heat is possible                     | electric energy                                                                                           |
| <b>lubrication:</b>      | not required => no contamination of the refrigerant | lubrication necessary => oil separator required => high maintenance effort, especially at low temperature |
| <b>availability:</b>     | very high (few mechanical components)               | less                                                                                                      |
| <b>redundancy:</b>       | easy and low cost => inside the plant               | only by duplicating the compressor => cost intensive                                                      |
| <b>maintenance:</b>      | very low (pumps and re-cooler)                      | frequently and cost intensive                                                                             |
| <b>noise level:</b>      | very low                                            | high => noise insulation required                                                                         |
| <b>plant size:</b>       | more space required                                 | less space required                                                                                       |
| <b>assembly:</b>         | suited for outdoor installation                     | engine room necessary                                                                                     |
| <b>working life:</b>     | 20 to 40 years                                      | 10 to 20 years                                                                                            |
| <b>investment costs:</b> | high                                                | less                                                                                                      |



# Example:



Lonza in Visp (Switzerland)



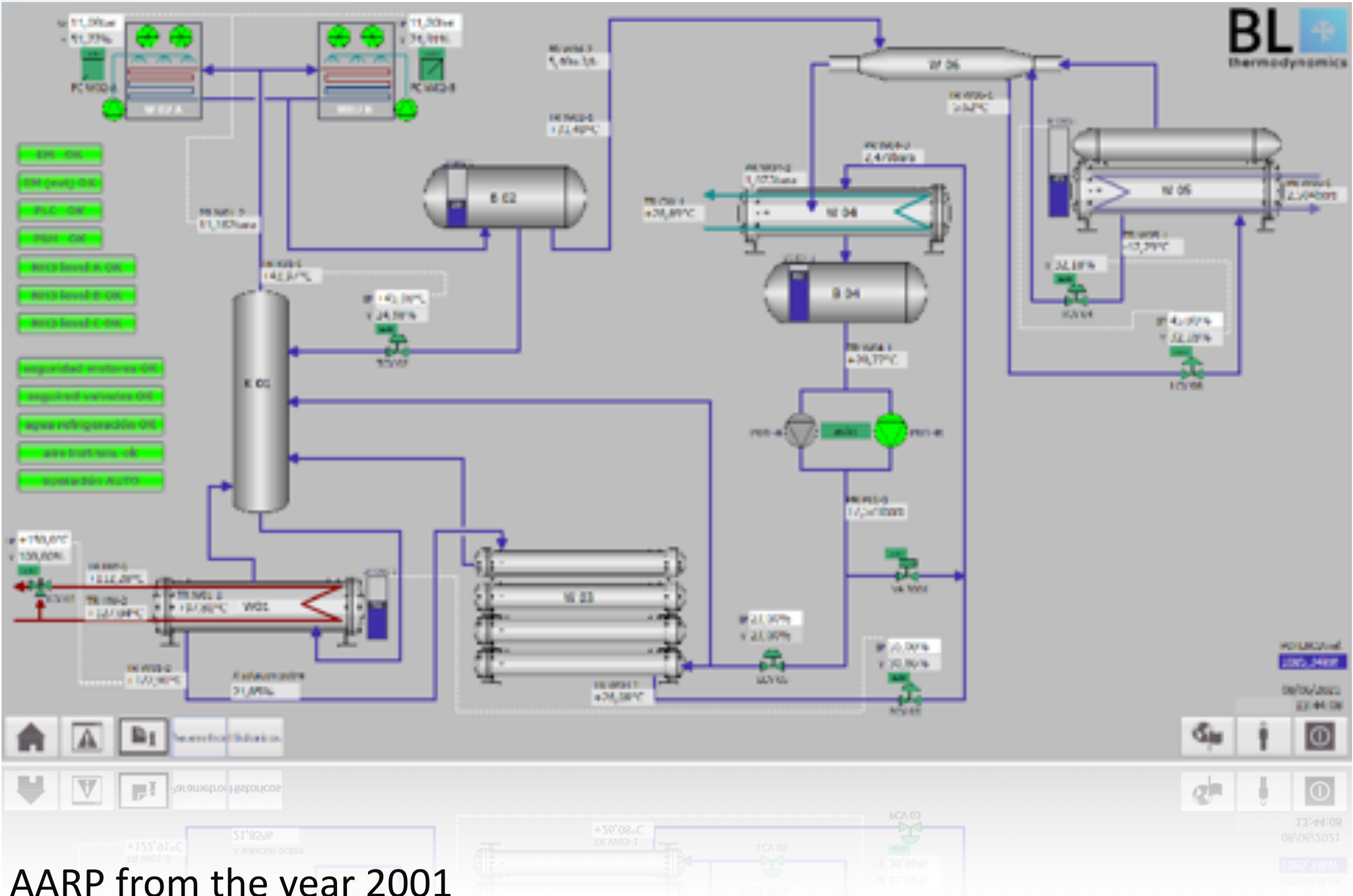
2-stage AARP from the year 1962



# Example:



Logroño (Spain)



AARP from the year 2001  
2500 kW | -17°C | heat supply 120°C



# Example:



low pressure part (absorber, evaporator, pumps)



high pressure part (desorber, rectifier, condenser)



Grupo Bafar Chihuahua (Mexico)  
(more info on <https://grupobafar.com>)

AARP from the year 2017  
2950 kW | -16°C | hot water at 107°C



# Heat pumps

## I. reverse process of „standard“ AARP

- heat driven
- heat sink or heating water temperature up to 60°C
- COP up to 1.6

## II. absorption - resorption heat pump

- heat driven
- heat sink or heating water temperature up to 90°C
- COP up to 1.5

## III. combined absorption - compression heat pump

- driven by electric power
- heat sink or heating water temperature up to 180°C
- COP up to 8



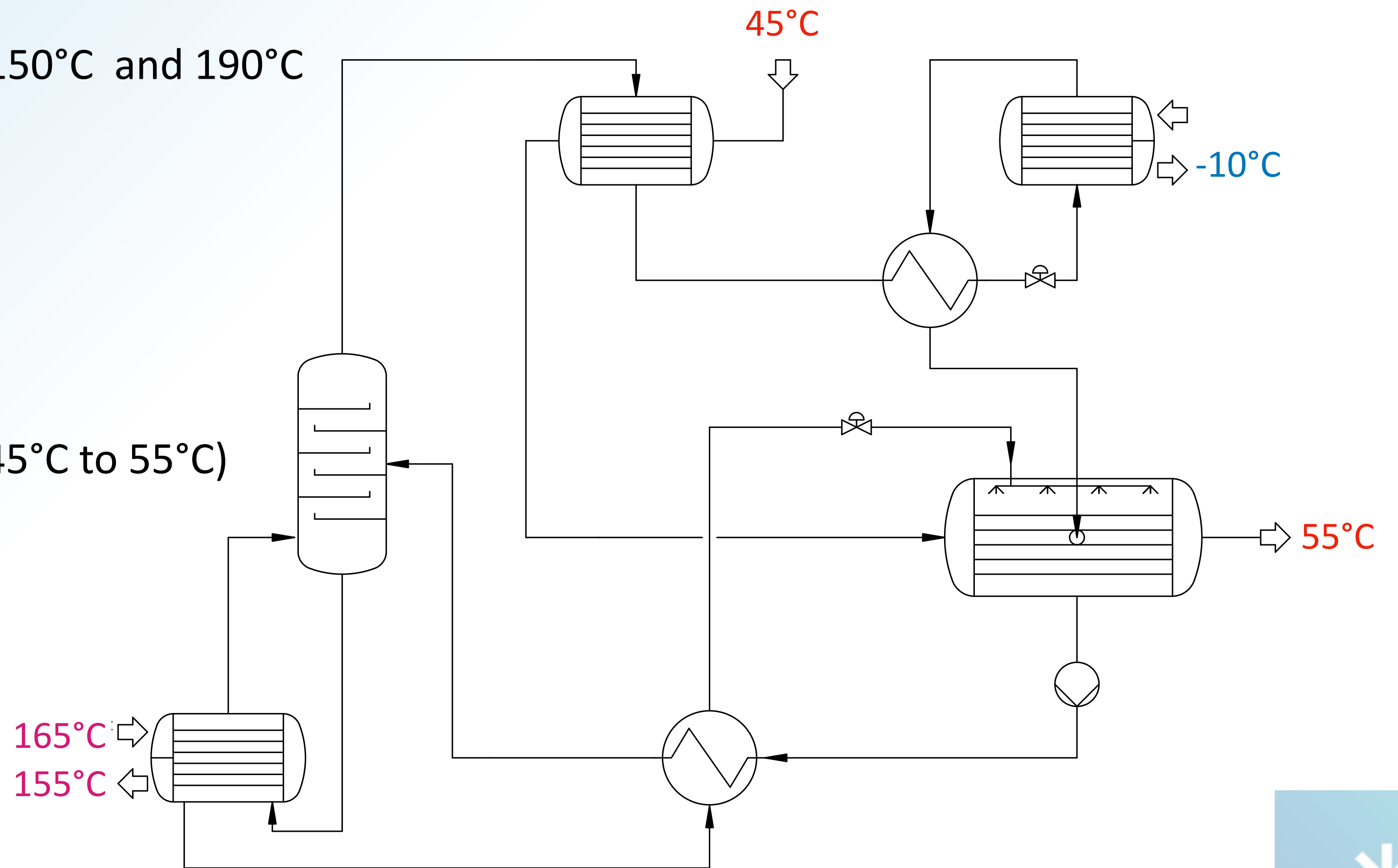
# I. Ammonia absorption heat pump (low temperature)

## Driving power: thermal energy (heat)

- Temperature range of supply heat between 150°C and 190°C
- Heat source down to approx. -30°C
- Heat sink up to approx. 60°C
- COP between 1,25 and 1,6
- Power range from 500 kW up to several MW

## Example of a combined HP and ice storage:

- ▶ during the winter season warms up water (45°C to 55°C)
- ▶ and loading the ice storage to -10°C
  - ➔ during summer cooling from ice storage
  - ➔ COP heating+cooling  $\approx 2$



# III. Combined absorption - compression HP (high temperatures)

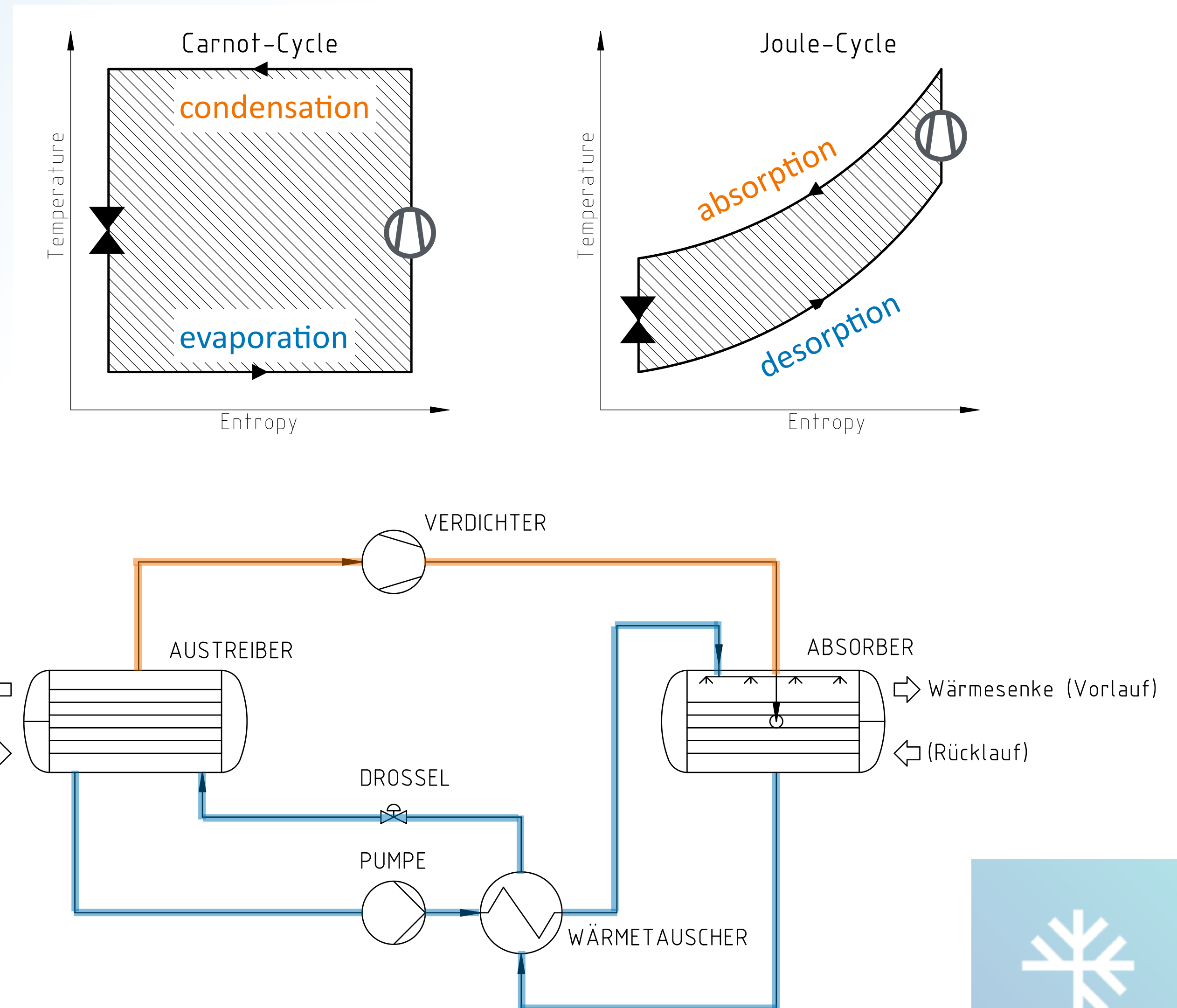
## Driving power: electric energy

- still in development (first pilot plant is planned for end of 2022)

## Advantages towards the „Carnot“ / compression HP

- high temperatures (up to **180°C**) under **low operation pressures**  $\approx 20$  bars
- concentration shifts provides high **flexibility**
- gliding temperatures at the heat sink and at the heat source  $\rightarrow$  Joule vs. Carnot

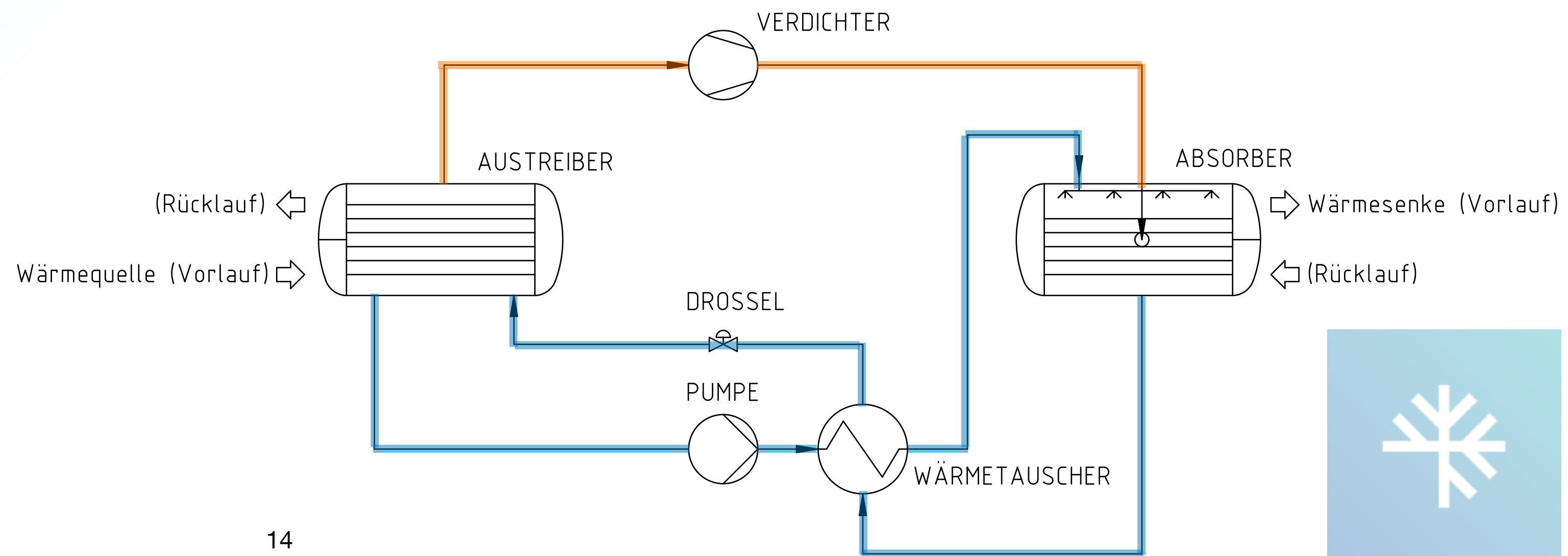
$\rightarrow$  **higher COP** as compression HP



# III. Combined absorption - compression HP (high temperatures)

## The absorber absorbs the refrigerant

- ➡ independent of the refrigerants state (supercritical or subcritical gas)
- ➡ absorption process = exothermic reaction
  - ➡ the heat can be dissipated at a higher temperature level than the gas entry temperature
- ➡ the pressure level can be adjusted and adapted to process variations by altering the concentration



# History

- **1982** Dr. Juan Bassols develops a new ammonia absorption-resorption heat pump
- **1991** Dr. Juan Bassols and his team install the first high efficient GAX absorption heat pump
- **1992** Foundation of the enterprise Colibri by Dr. Juan Bassols and his team
- **2010** Tiago Bassols incorporates to the Colibri team
- **2019** Foundation of the enterprise BL Thermodynamics by Dr. Juan Bassols, Tiago Bassols and Marc Lebrequer in Aachen
  - ➔ the GOAL is to improve the ammonia absorption technology, in order to help decarbonizing the refrigeration sector and making it more sustainable.

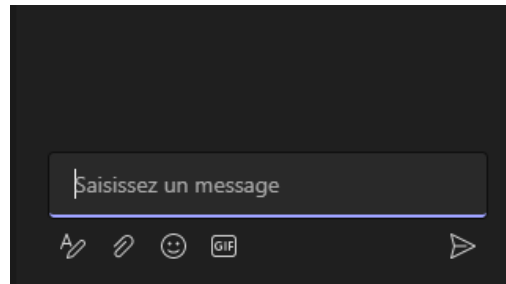
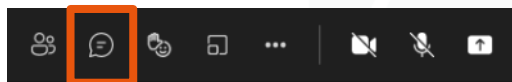


„Thank you for your attention.“

*Dipl. Ing. Tiago Bassols-Rheinfelder*  
*t.bassols@bl-thermo.com*



# Posez vos questions !



# Comparaison des technologies

# Les différences de principe de fonctionnement des technologies se traduisent par des avantages distincts qui ont été comparés sur la base de 4 grands critères

Même si elles partagent plusieurs avantages en communs les technologies à sorption diffèrent sur certains points spécifiques

Exemples d'avantages communs partagés par les technologies à sorption en comparaison avec les machines à compression<sup>(1)</sup>



Faible consommation **électrique**



Machine peu **bruyante**, etc



**OPEX** inférieur aux machines à compression



Opérations de **maintenance** mineures (peu de pièces en mouvement)

Exemples d'avantages plus spécifiques à certaines technologies de sorption



Large gamme de température de **froid** fourni



Large **gamme de puissance** couverte par la technologie



Absence de **danger** lié à l'utilisation de fluide



Fonctionnement avec **des sources de chaleur** très basse température

Pour comparer ces technologies, 4 grandes familles de critères ont été considérées

1

**Performances environnementales**  
(empreinte CO<sub>2</sub>)

2

**Performances techniques**  
(température de froid produit, possibilité de stockage, etc)

3

**Performances économiques**  
(CAPEX, OPEX, intensité du soutien public)

4

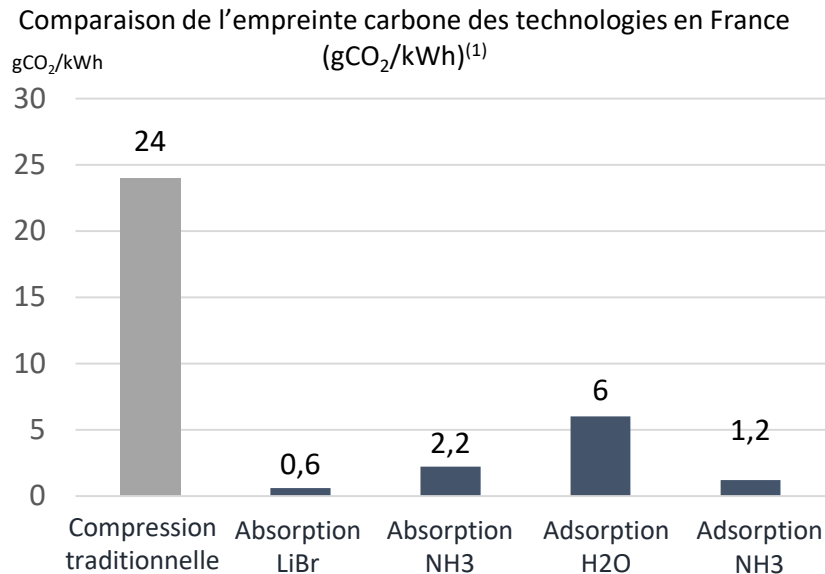
**Performances opérationnelles**  
(contraintes d'exploitation, opérabilité)

Notes : (1) Ces avantages peuvent être plus ou moins marqués selon les technologies

# Les technologies à sorption réduisent significativement l'empreinte carbone de la compression classique et ceci d'autant plus que le réseau électrique est carboné

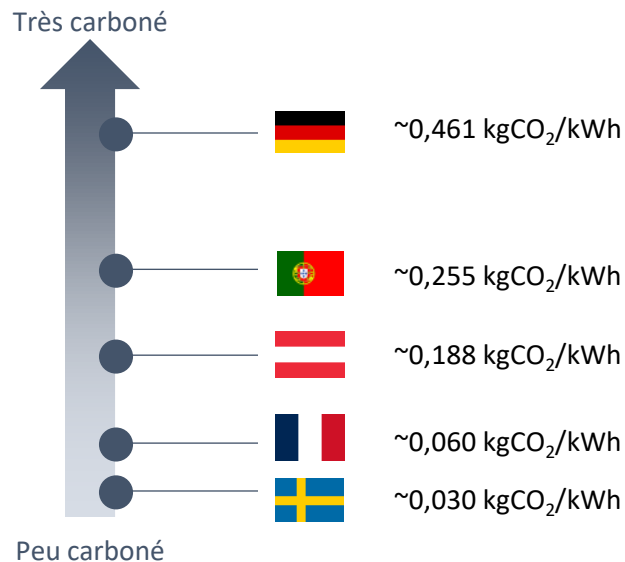
1

Les technologies à sorption permettent de réduire entre 4 et 40 fois l'empreinte carbone du procédé de compression en France



Cet intérêt est encore plus marqué dans des géographies où l'électricité est carbonée

Comparaison de l'intensité carbone de quelques pays européens<sup>(2)</sup>



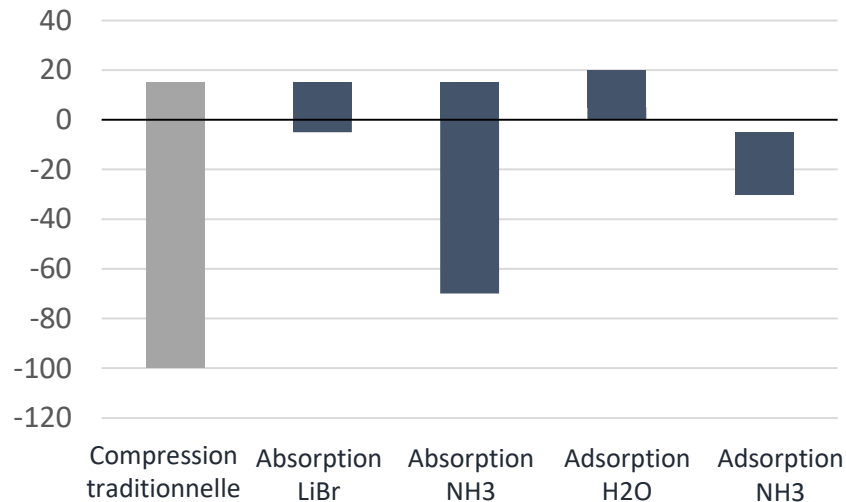
**Notes :** (1) On considère une intensité carbone du réseau de 60 g/kWh et on prend uniquement en compte les émissions liées à la consommation électrique de la machine frigorifique (pas les équipements annexes) en supposant que dans le cas d'une machine alimentée par chaleur fatale, l'intensité carbone de cette chaleur est nulle, (2) Ademe

# Les plages de production de froid des technologies varient sensiblement tandis que les températures des sources de chaleur fatale acceptées sont assez proches

2

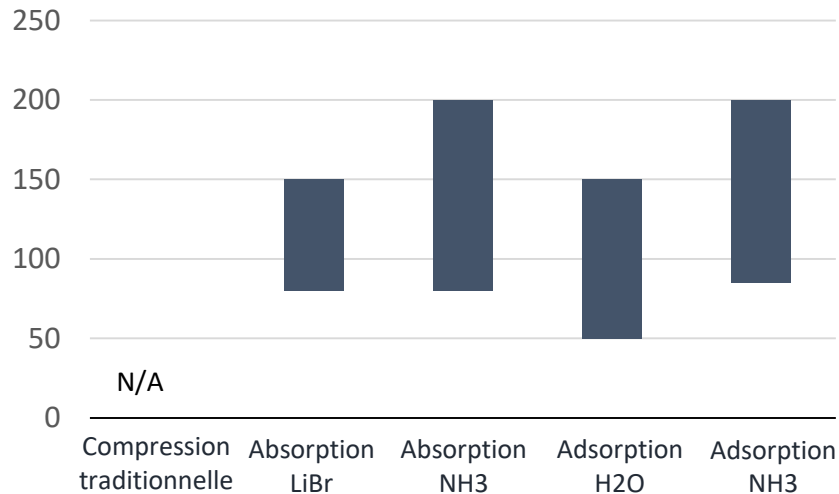
La technologie Absorption  $\text{NH}_3$  présente la plage de température de froid la plus large parmi les technologies à sorption

Comparaison des plages de températures de production de froid des technologies (°C)



La technologies adsorption  $\text{H}_2\text{O}$  est celle qui permet de valoriser des gisements de chaleur à la plus faible température

Comparaison des températures des sources de chaleur valorisables par le générateur (°C)



A noter que les technologies à adsorption permettent de stocker du froid ce qui est intéressant lorsque l'usage du froid et la production de chaleur fatale sont décorrélés

La technologie à absorption LiBr est la plus compétitive des technologies étudiées mais son intensité capitalistique reste plus élevée que la compression électrique

3

L'absorption LiBr est la technologie la plus économique après la technologie de compression classique

|                                                     | Compression                                           | Absorption LiBr | Absorption NH <sub>3</sub> | Adsorption H <sub>2</sub> O | Adsorption NH <sub>3</sub> |
|-----------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| <b>CAPEX</b><br>(€/kW froid pour une machine seule) | 150                                                   | 200             | 500 à 1500                 | 710*                        | 875*                       |
| <b>OPEX annuel</b><br>(€/kW thermique de froid)     | Variable selon régime thermique, puissance efficacité | 20              | 20 à 60                    | 60                          | 40                         |

Les technologies à absorption bénéficient de plus de soutien de pouvoirs publics que celles à adsorption

|                                                                                                                                     | Absorption LiBr                                                                                                                                                             | Absorption NH <sub>3</sub>                                                                                                                                                  | Adsorption NH <sub>3</sub>                                                                                                                                                      | Adsorption H <sub>2</sub> O                                                                                                                                                     |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <b>Incitations à la production de froid R&amp;R</b> | La <b>PPE</b> et la <b>SNBC</b> favorisent la production du froid R&R.<br>✓ Mention dans le PPE                                                                             | La <b>PPE</b> et la <b>SNBC</b> favorisent la production du froid R&R.<br>✓ Mention dans le PPE                                                                             | La <b>PPE</b> et la <b>SNBC</b> favorisent la production du froid R&R.<br>✗ Aucune mention dans le PPE                                                                          | La <b>PPE</b> et la <b>SNBC</b> favorisent la production du froid R&R.<br>✗ Aucune mention dans le PPE                                                                          |
|  <b>Subventions &amp; soutien public</b>             | ✓ <br>✓  | ✓ <br>✓  | ✗ <br>✓  | ✗ <br>✓  |

Notes : \* Données basées sur la modélisation d'un cas d'étude

Les enjeux opérationnels (risque d'explosion, corrosion, toxicité, etc) varient selon les technologies et induisent des contraintes réglementaires plus ou moins lourdes

4

Tableau de comparaison des contraintes réglementaires et de l'opérabilité des technologies étudiées

|                            | Compression                                                                                                    | Absorption LiBr                                                       | Absorption NH <sub>3</sub>                                                  | Adsorption H <sub>2</sub> O           | Adsorption NH <sub>3</sub>                                      |
|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| Contraintes réglementaires | Au moins 9 réglementations dont la directive F Gas les lois ICPE et la directive des équipements sous pression | Non soumis                                                            | Au moins 4 réglementations dont la directives des équipements sous pression | Peu d'informations                    | Directive ICPE selon la quantité de NH <sub>3</sub> utilisée    |
| Opérabilité                | Risques <b>anoxie, explosion</b> avec NH <sub>3</sub> et <b>inflammation</b> avec HC                           | Nécessité de maintenir le <b>vide</b><br><b>Corrosion</b> due au LiBr | NH <sub>3</sub> <b>toxique</b> et légèrement <b>inflammable</b>             | Nécessité de maintenir le <b>vide</b> | NH <sub>3</sub> <b>toxique</b> et légèrement <b>inflammable</b> |

L'absorption LiBr est la technologie la plus intéressante en considérant les facteurs de performance étudiés mais a une plage de production de froid limitée

|                            | Compression                                                                       | Absorption LiBr                                                                   | Absorption NH <sub>3</sub>                                                        | Adsorption H <sub>2</sub> O                                                         | Adsorption NH <sub>3</sub>                                                          |
|----------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Potentiel de décarbonation |  |  |  |  |  |
| Performances techniques    |  |  |  |  |  |
| Compétitivité              |  |  |  |  |  |
| Exploitation               |  |  |  |  |  |

Légende



Point négatif



Point positif

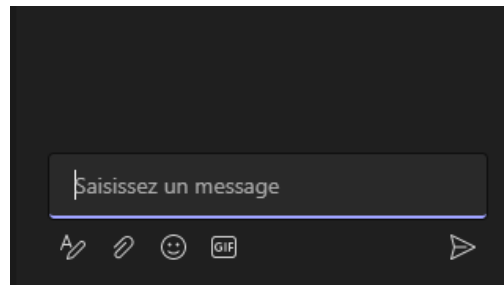
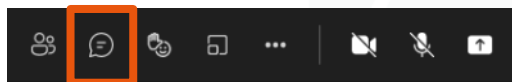


Point non différenciant



Peu d'informations

# Posez vos questions !



# Une solution alternative : le stockage de froid

**Water Horizon**

LA CHALEUR FATALE INDUSTRIELLE  
EN EUROPE :

**100**  
**RÉACTEURS**  
**NUCLÉAIRES**

**CIBLE DE  
WATER HORIZON**

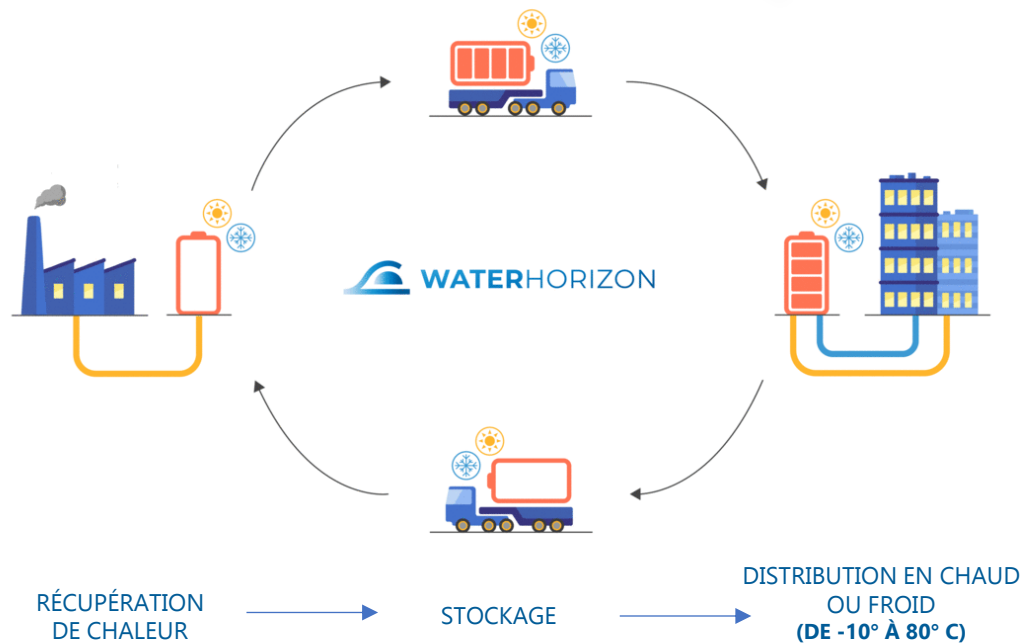


Chaleur fatale  
entre 100 et 200°C



**20 réacteurs**  
**nucléaires**

# LA TOUTE PREMIÈRE **BATTERIE THERMIQUE MOBILE** AU MONDE



ÉCONOMIE  
CIRCULAIRE

**ENTREPRISE**  
Énergie  
renouvelable

**TERRITOIRE**  
Territoire  
à énergie positive

**PAYS**  
Objectifs  
environnementaux



WATER HORIZON Official  
presentation

# LA MOBILITÉ AU SERVICE DE LA RENTABILITÉ



STOCKAGE **FIXE**

**VS**



STOCKAGE **MOBILE**

 **WATERHORIZON**

## INNOVATION DE MARCHÉ

Distribution d'énergie  
**décentralisée**

Énergie utilisable  
**en continu toute l'année**

Énergie renouvelable  
**rentable**

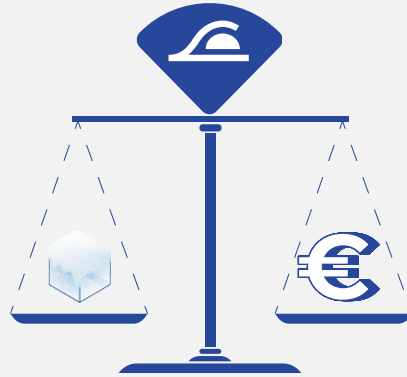
**Froid**  
renouvelable



# LA PREMIÈRE CIBLE COMMERCIALE : LE MARCHÉ DU FROID



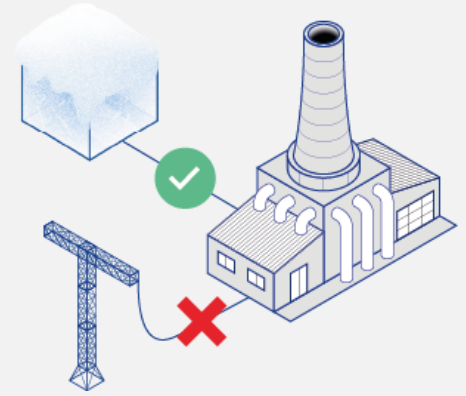
**MARCHÉ EN  
CROISSANCE**



**SOLUTION  
ÉCONOMIQUE**



**IMAGE POSITIVE**



**DISPONIBILITÉ DE  
L'ÉNERGIE**

# MARCHÉ ET CLIENTS



## Producteurs de chaleur fatale



Usine de  
Ciment



Industrie  
Agro-alimentaire



Papeterie



Industrie de  
l'acier & du verre



Pétrochimie

# 100

La chaleur fatale en Europe,  
c'est l'équivalent de 100  
réacteurs nucléaires



## Energéticiens



Biomasse



Gaz



Pétrole



Électricité



Incinération

# 73%

73 % de la distribution d'énergie  
Non renouvelable dans les réseaux  
de chauffage et de refroidissement



## Consommateurs d'énergie (Froid)



Centre  
Commercial



Data Center



Entrepôts  
frigorifiques



Processus  
industriel à froid

# 100%

100 % de la consommation  
de froid non renouvelables



# ROAD MAP

2021



Levée de fonds



Recrutement

2022



Scale-up



Démonstration commerciale



Plateforme commerciale

2023



Commercialisation



Industrialisation



Production en série

# PROJET : RÉSEAU DE CHALEUR (LA ROCHELLE, FR)



*Récupération de la chaleur sur un incinérateur et distribution en froid à 2,5 km au hangar de la criée*

➤ **2,5 Km**

➤ **Image verte**

➤ **Energie Renouvelable**  
**Disponible 24/7**

➤ **Glace Renouvelable**  
*Unique au monde*

➤ **Froid Renouvelable**  
*Refroidissement process*



# TEAM

## MANAGEMENT



Patrick LEMAITRE  
Chief Industrial Officer

 HEI Lille (1985)  
• Joined Jan. 2020



Jean Emmanuel FAURE  
Founder & Chief Executive Officer

 INP Toulouse, HEC Paris  
• Created in 2017



Eric-Jean PANKOWSKI  
Directeur Stratégie

 IHEDN (2010), ESSEC (2009) HEI Lille (1985)  
• Advisory Board depuis 2017, Associé Fev. 2020

## TECH & SCIENCE



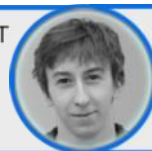
Clément GAY-PUIG  
Technicien Supérieur

 ENIT  
• Rejoint Mar. 2019



Dimitri BOUSQUET  
Ingénieur

 INSA  
• Rejoint Mar. 2020



Guillaume HUILLET  
Ingénieur

 ENSEEIH  
• Rejoint Mar. 2020

## VENTES & INNOVATION



Nicolas BOTMAN  
Chargé de Projet

 TBS  
• Rejoint Sep. 2020

## RECRUTEMENT

### TECH & SCIENCE

#### Ingénieurs (3)

Process, Industrialisation, HSE

#### Techniciens (4)

Process (1), Industrialisation(2), IT(1)

### VENTES & INNOVATION

#### KAM (1)

Key Account Manager

#### IDM (1)

Industrial Development Manager

ILS PARLENT DE NOUS



## RÉCOMPENSES

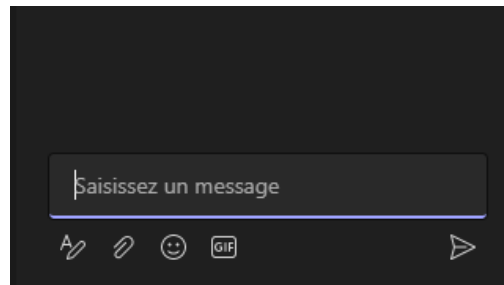
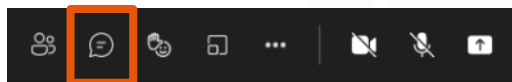


WATER HORIZON Official  
presentation

MERCI !



# Posez vos questions !



# Conclusions et perspectives

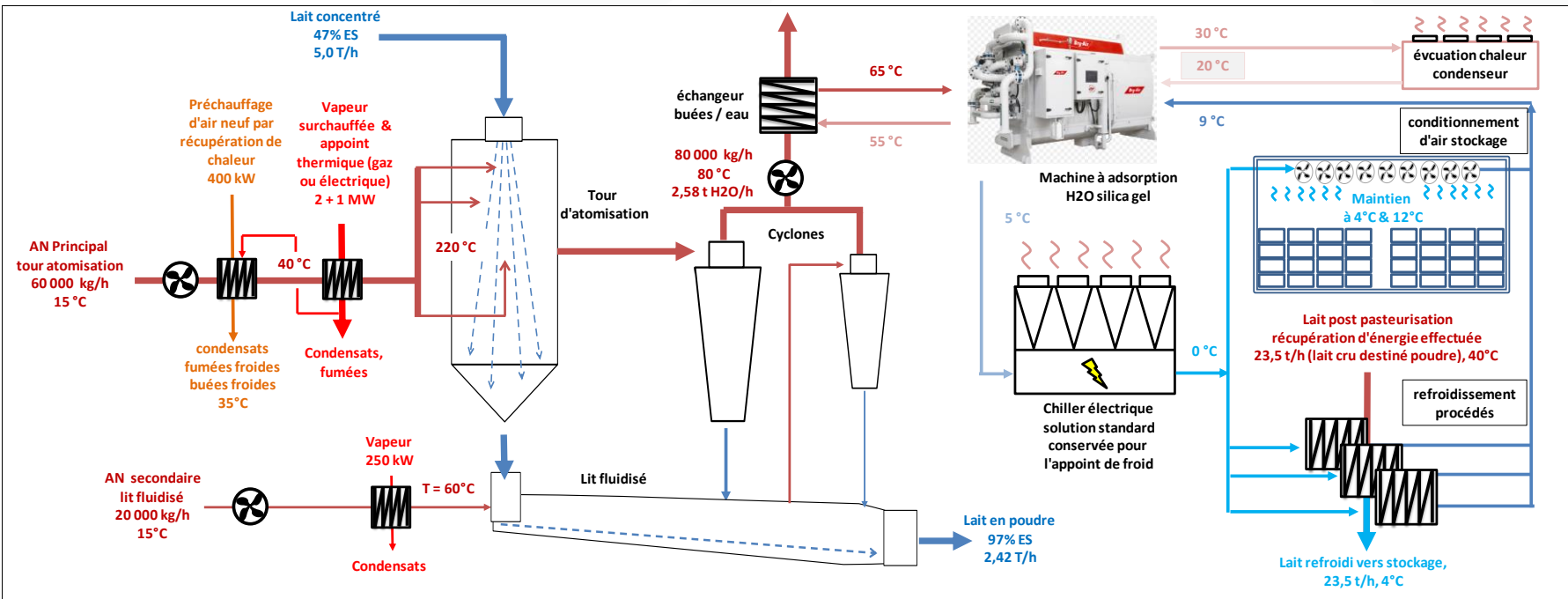
# Cas d'étude

## Définition

- **Objectif** : Illustrer l'intérêt technico économique et de la mise en place d'une installation froid performant dans une usine.
- **Procédé**
  - Parmi les secteurs prioritaires : **Industrie laitière**
  - Procédé courant : **Tour d'atomisation**, Stockage réfrigéré, Refroidissement lait
- **Installation de production de froid**
  - Machine à **adsorption H2O / Silica Gel**
  - Possibilité de récupérer à basse température (80°C)
  - Production de froid positif suffisante

# Cas d'étude

## Construction



# Cas d'étude

## Bilan

| <u>Synthèse du scénario</u>                    |                  |             |
|------------------------------------------------|------------------|-------------|
|                                                | cas de base      | cas ALLICE  |
| durée du scénario                              | 30               |             |
| coût total                                     | 6 902 821 €      | 5 925 267 € |
| <b>économie générée sur le scénario</b>        | <b>977 554 €</b> |             |
| coût annuel lissé                              | 230 094 €        | 197 509 €   |
| CAPEX                                          | 271 347 €        | 413 677 €   |
| <b>écart CAPEX</b>                             | <b>142 330 €</b> |             |
| <b>TRB</b>                                     | <b>4,37</b>      |             |
| émissions (teq CO2/scénario)                   | 5020             | 4081        |
| <b>différence emissions (teq CO2/scénario)</b> | <b>939</b>       |             |

# Conclusion

## *Principaux résultats*

- **Secteurs pertinents disposant d'une bonne adéquation gisements de chaleur / besoins en froid :**
  - **L'industrie agroalimentaire**
    - Laiteries
    - Pains et biscuits
  - **La chimie lourde**
    - Chimie organique

# Conclusion

## *Principaux résultats*

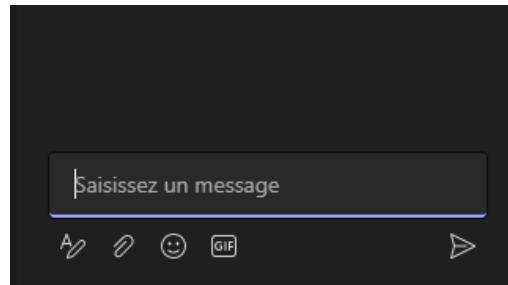
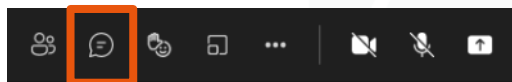
- **Une technologie prête**
  - Les machines à sorption arrivent à maturité
  - L'offre se diversifie, différentes configurations possibles selon les températures en jeu et le mode de fonctionnement des installations
- **Des applications pertinentes :**
  - Temps de retour compatibles avec les contraintes industrielles

# Conclusion

## *Perspectives*

- **Sensibilisation à l'offre de technologies alternatives**
  - Webinaire de ce jour
- **Projets collaboratifs**
  - Construction d'opérations de démonstration sur des sites industriels
- **Intégration des technologies adsorption aux Fonds Chaleur**
  - Aujourd'hui uniquement pour absorption
- **Développement d'une fiche CEE**
  - Les travaux vont débuter !

# Posez vos questions !



# Les prochains rendez-vous ALLICE

Réunion des  
adhérents  
ALLICE

**10 mars**

Club PRIME & atelier  
technique AIE IETS

Webinaire  
adhérents

**22 mars**

Froid performant  
dans l'industrie

Rencontre  
partenaire

**24 mars**

Forum National des  
Eco-Entreprises  
PEXE

Rencontre  
partenaire

**29 mars**

Rencontres Franco-  
allemandes  
Décarbonation

Webinaire  
adhérents

**5 avril**

Récupération de  
chaleur très haute  
température

Rencontre  
partenaire

**13-14 avril**

MIX.E

Journée  
technique

**2 juin**

Intégration d'un mix  
énergétique décarboné  
(avec Axelera & Tenerrdis)

Réunion des  
adhérents  
ALLICE

**5 juillet**

Club PRIME

**FIRE**  
2022

**20 sept.**

Forum Industriel de la  
Récupération  
d'Énergie

Réunion des  
adhérents  
ALLICE

**24 nov.**

Club PRIME

# MERCI À TOUS POUR VOTRE ATTENTION !

*Rendez-vous le 5 avril pour la restitution  
de l'étude Récupération de chaleur THT*



## Contacter ALLICE

---

[contact@alliance-allice.com](mailto:contact@alliance-allice.com)  
+33 (0)4 72 44 49 11  
[www.alliance-allice.com](http://www.alliance-allice.com)

---

Alliance ALLICE  
Chez CETIAT  
25 Avenue des Arts  
69100 Villeurbanne  
FRANCE



# ALLICE

ALLiance Industrielle  
pour la Compétitivité  
et l'Efficacité Énergétique