



# POMPES À CHALEUR INDUSTRIELLES HAUTE TEMPÉRATURE

JOURNÉE DE L'ENERGIE EN WALLONIE  
29/10/2024

MÉLISSA SEBILLE

[ARMSTRONGINTERNATIONAL.COM](http://ARMSTRONGINTERNATIONAL.COM)

# UN GROUPE MONDIAL

- | Société fondée en 1900 (USA)
- | Entreprise familiale gérée par la 5ème génération
- | Plus de 2000 employés dans le monde entier
- | Centres de fabrication
- | Bureaux de vente



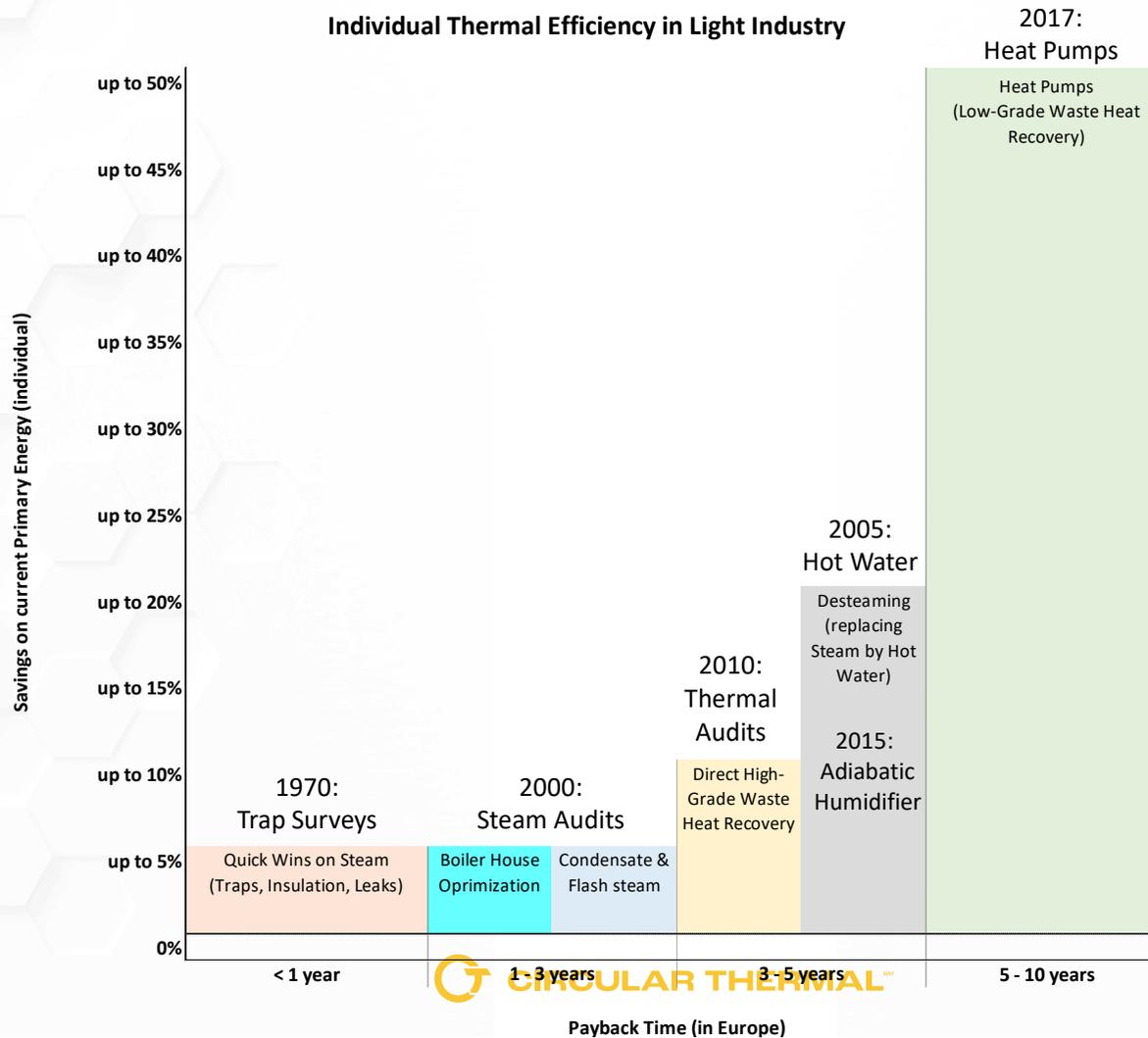
# EN WALLONIE



Learning Center



# ÉVOLUTION DES SOLUTIONS ARMSTRONG EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

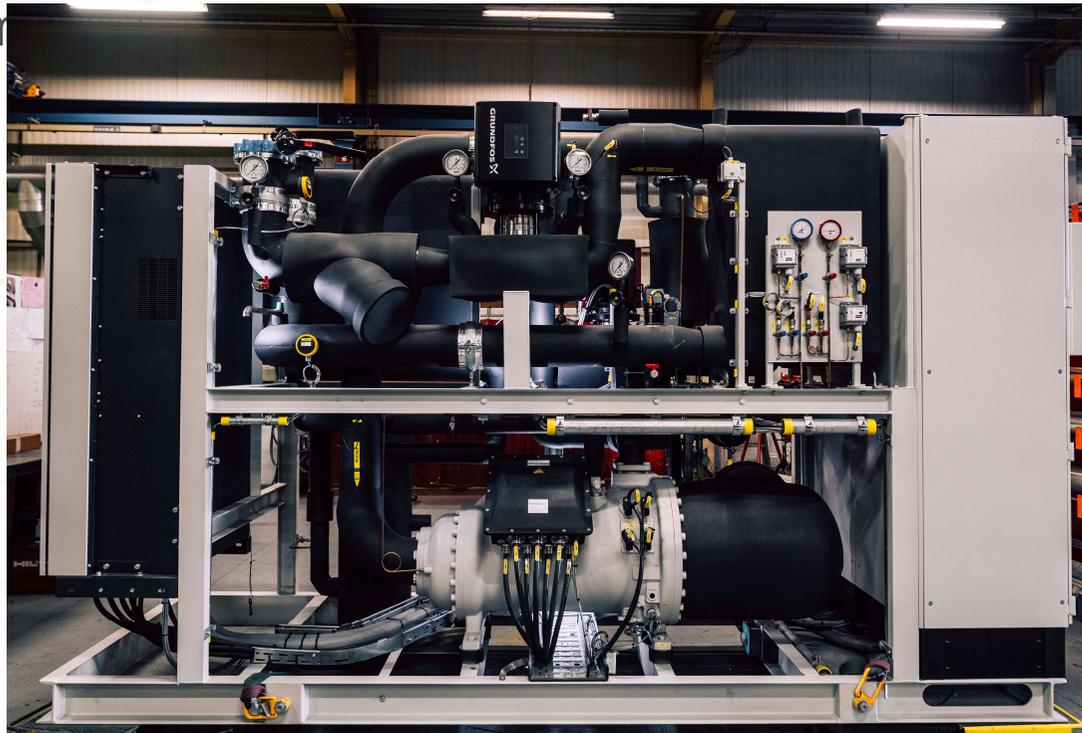


## EN WALLONIE

Joint Venture Combitherm GmbH (2022)

Projet d'agrandissement de l'usine d'Herstal (Belgique) sélectionné par la commission européenne dans le cadre de l'appel Innovation Fund (Innovation production vapeur)

→ 50 MW de puissance à partir de 2027



# EN WALLONIE

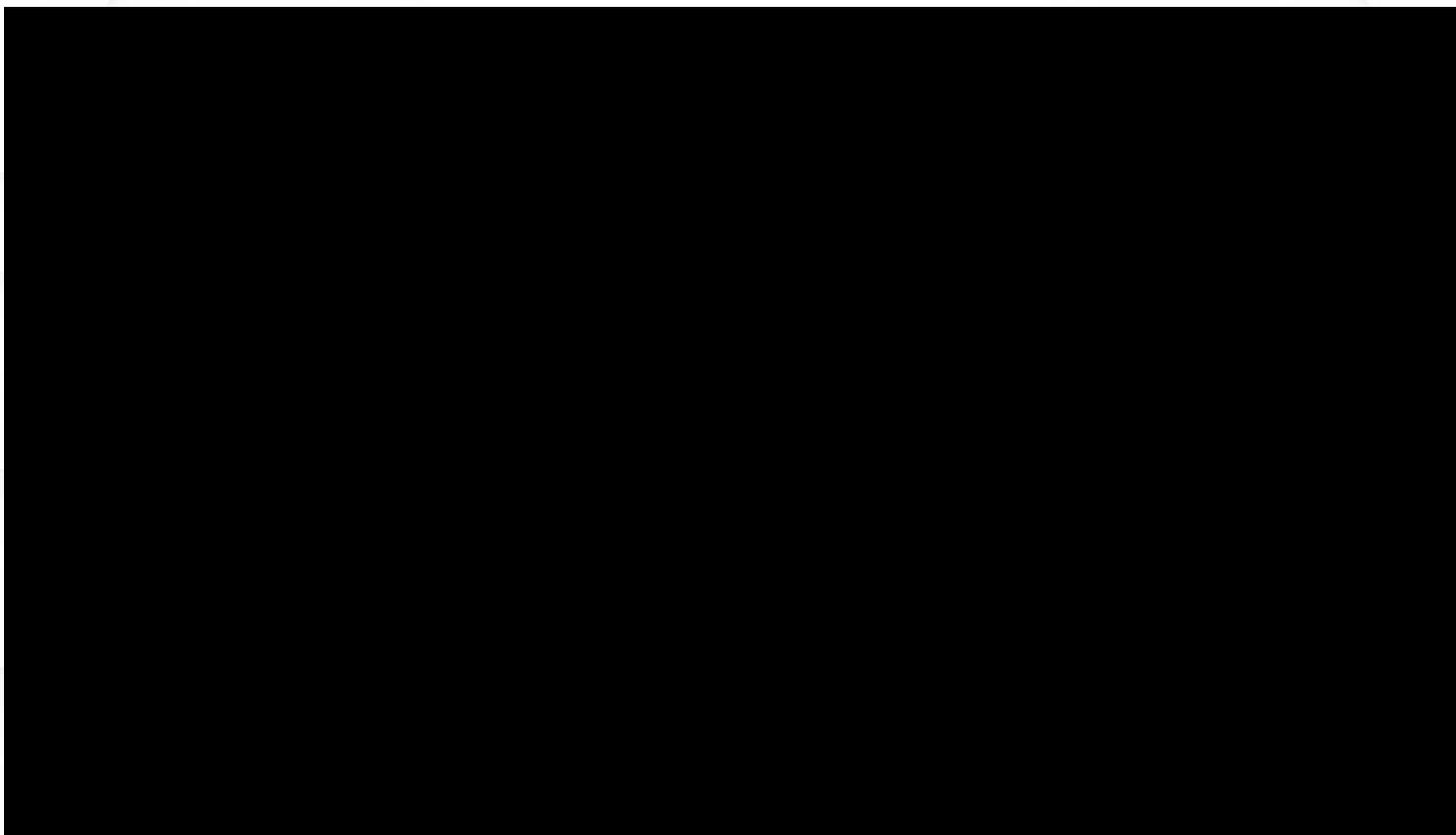




# LA CIRCULARITE THERMIQUE



# CIRCULARITÉ THERMIQUE DU SYSTÈME- VIDÉO

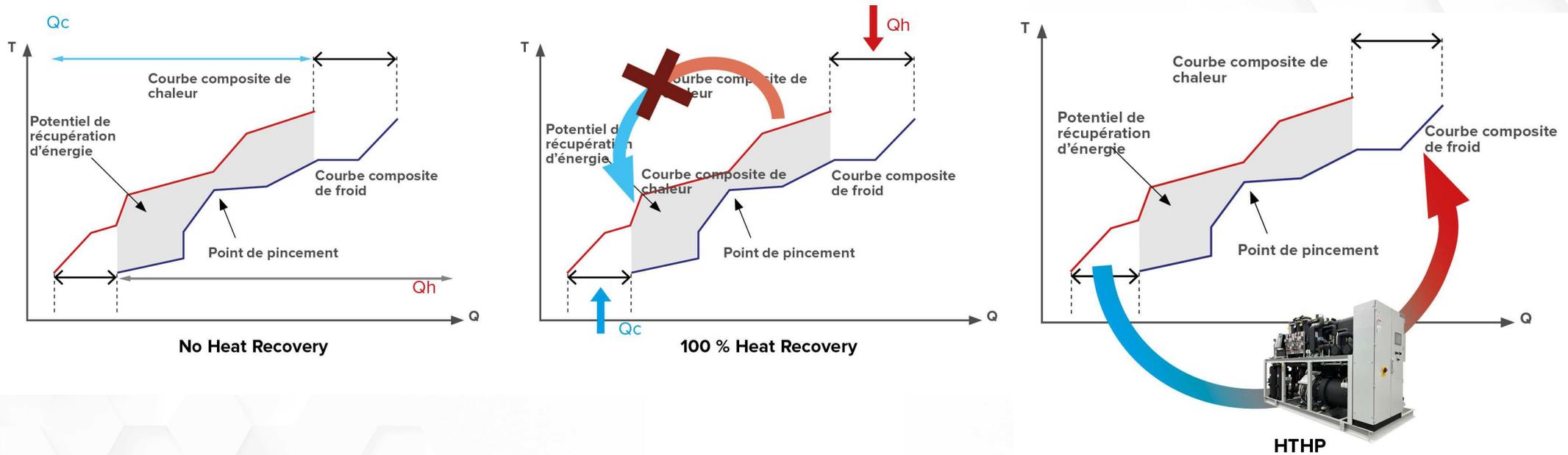


Link: [https://www.youtube.com/watch?v=ScfDrhr9n\\_4&t=4s](https://www.youtube.com/watch?v=ScfDrhr9n_4&t=4s)





# METHODOLOGIE DU PINCEMENT (PINCH)

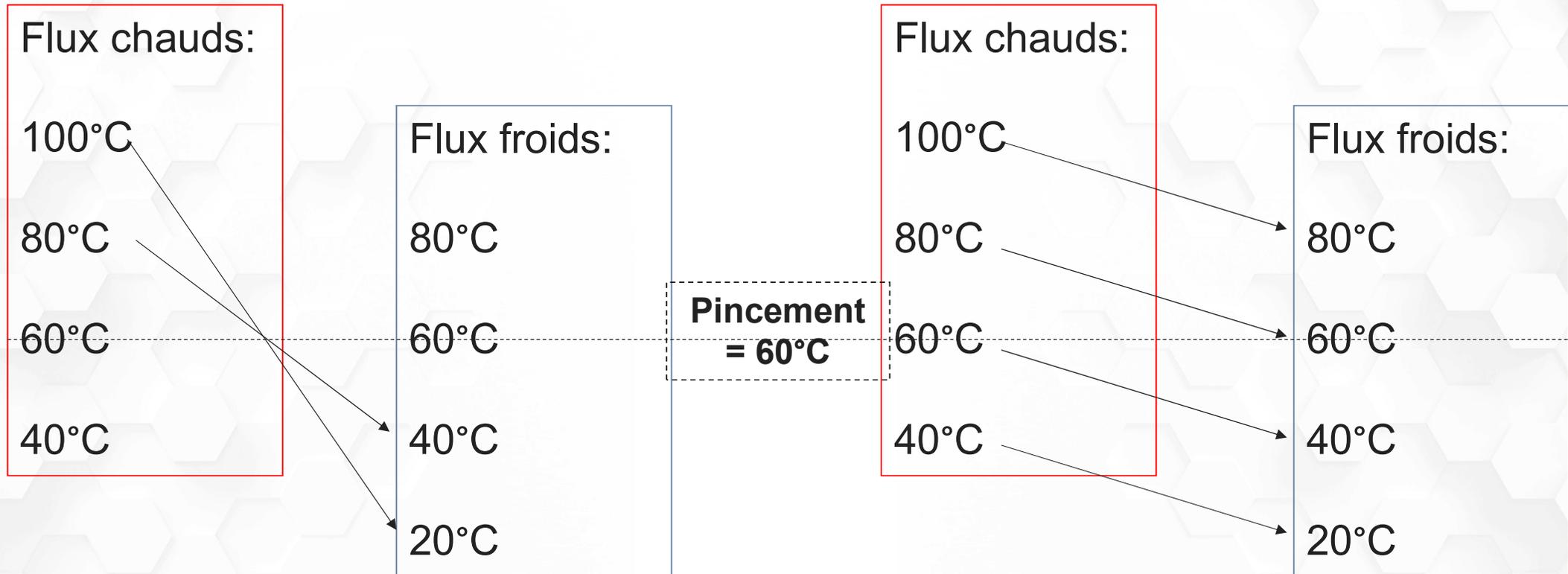


- **Q<sub>c</sub>**: Energie à enlever au système par le refroidissement
- **Q<sub>h</sub>**: Energie à ajouter au système par la chauffe

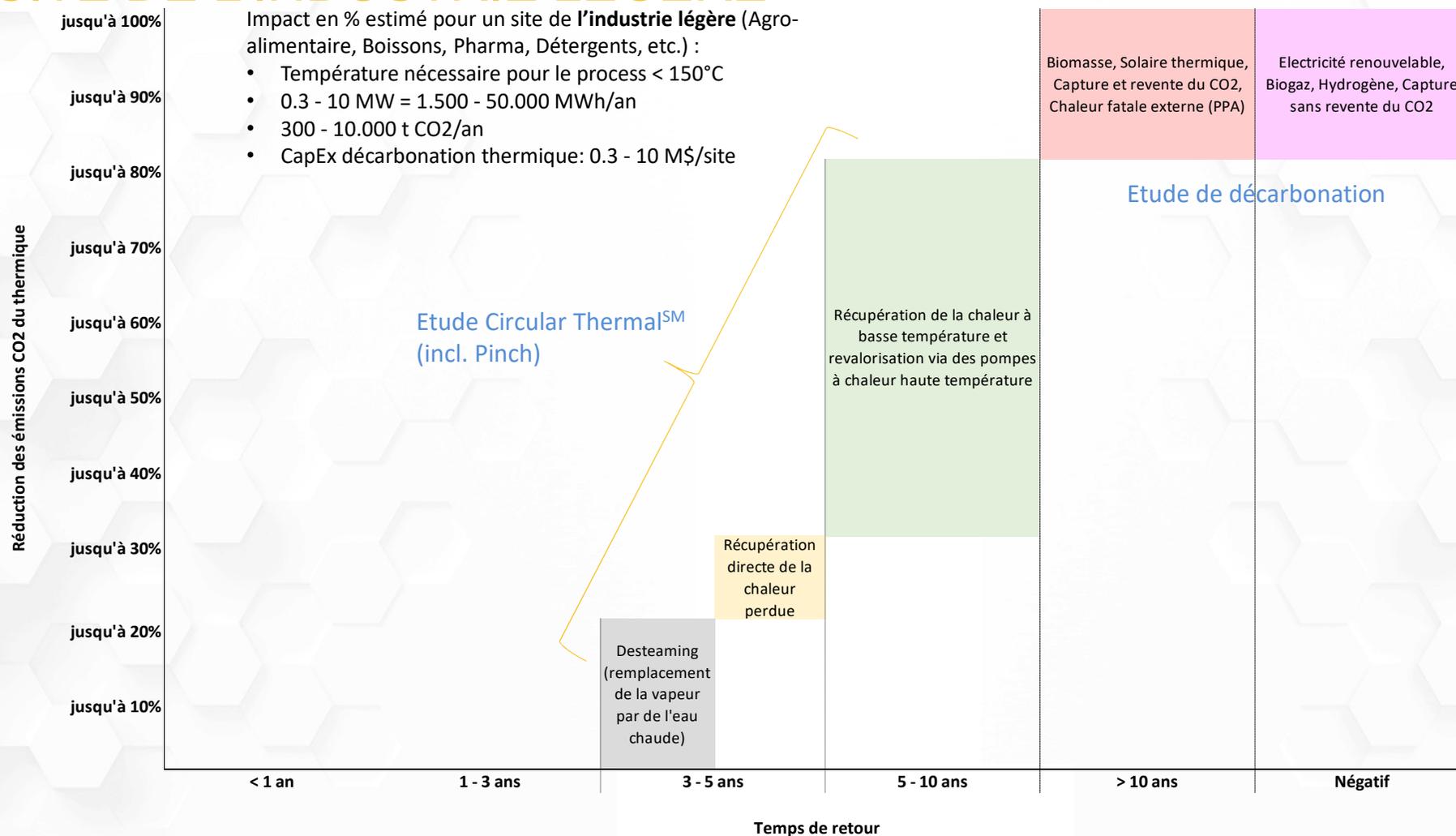
**PAC** peut être utilisée pour upgrader la chaleur basse température sous le point de pincement pour réduire la demande en chaleur ( $Q_h$ )

Source: "Pinch Analysis: For the Efficient Use of Energy, Water & Hydrogen", CanmetENERGY, Canada (2003)

# EXEMPLE DES RÈGLES D'OR DU PINCEMENT



# FEUILLE DE ROUTE POUR LA DÉCARBONATION THERMIQUE D'UN SITE DE L'INDUSTRIE LÉGÈRE



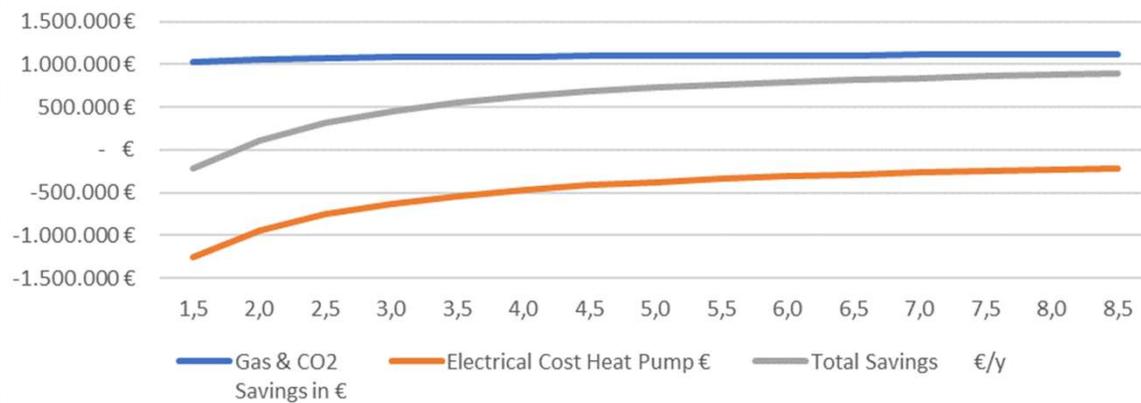


# PAC: CARACTERISTIQUES

# Les principes de base des COP

- Une hausse de la température par la PAC de 50°C donne un COP > 3
- Une hausse de la température par la PAC de 100°C donne un COP > 1.5
- Toute hausse de la température par la PAC de 10°C diminue le COP de 0.3
- Si le COP > ratio prix “Electricité / Gaz”, le temps de retour est positif :
  - Le remplacement de la vapeur par de l’eau chaude et la taxe CO2 diminuent le temps de retour

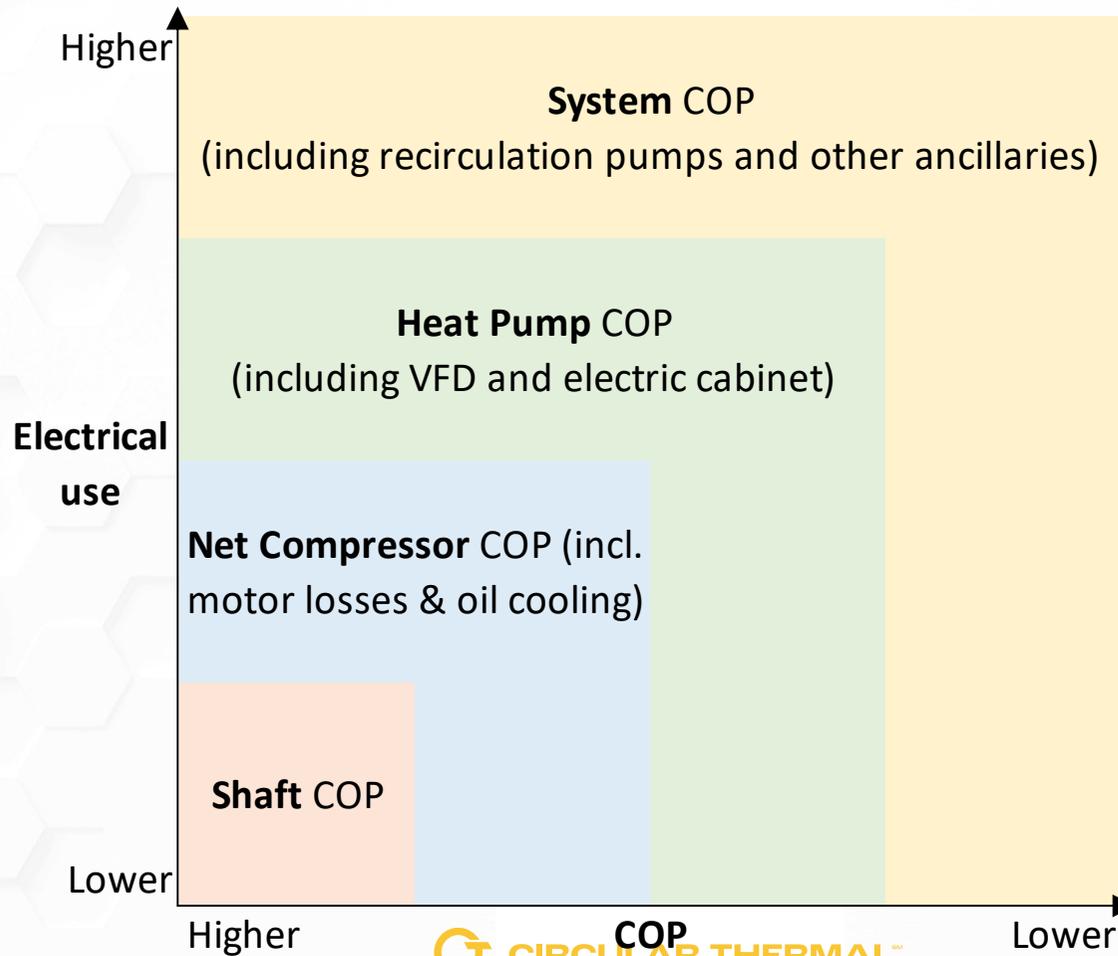
Evolution of Savings based on COP/CCOP



|  |       |
|--|-------|
| Price of Fossil Fuel (€/MWh):            | 65 €  |
| Price of Electricity (€/MWh):            | 180 € |
| Electricity-to-Gas Ratio (Spark Spread): | 2,77  |
| CO2 Price (in €/ton):                    | 80 €  |

|  |              |
|--|--------------|
| Heat Pump Thermal Output (in MW):                    | 1,80         |
| Running Hours per year:                              | 5800         |
| Heat Pump Thermal Output (in MWh/year):              | 10.440       |
| Current Steam / hot water System Efficiency:         | 75%          |
| Current Fossil Fuel consumption (in MWh/year):       | 13.920       |
| <b>CO2 emissions from Fossil Fuels (ton CO2 /y):</b> | <b>2.812</b> |
| Type of fuel:  | Natural Gas  |
| Fuel specific emissions (kg/MWh):                    | 202          |
| CO2 intensify of electric power (in kg/MWh)          | 180          |

# DIFFÉRENTS NIVEAUX DE CALCUL DE COP



# COP COMBINE



100 kW

Puissance Condenseur

COP  
Chaud =  
2.94



34 kW  
Puissance électrique au compresseur

€€€



100 kW

+



70 kW

€€

Combined  
COP  
5.0

Puissance condenseur+ évaporateur

€

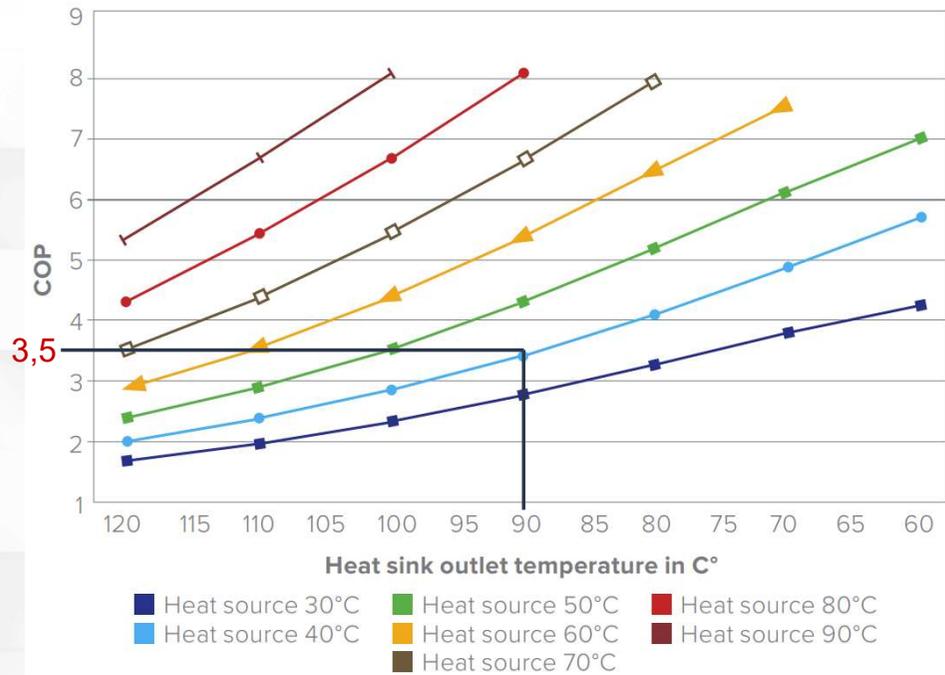
34 kW

Puissance électrique au compresseur

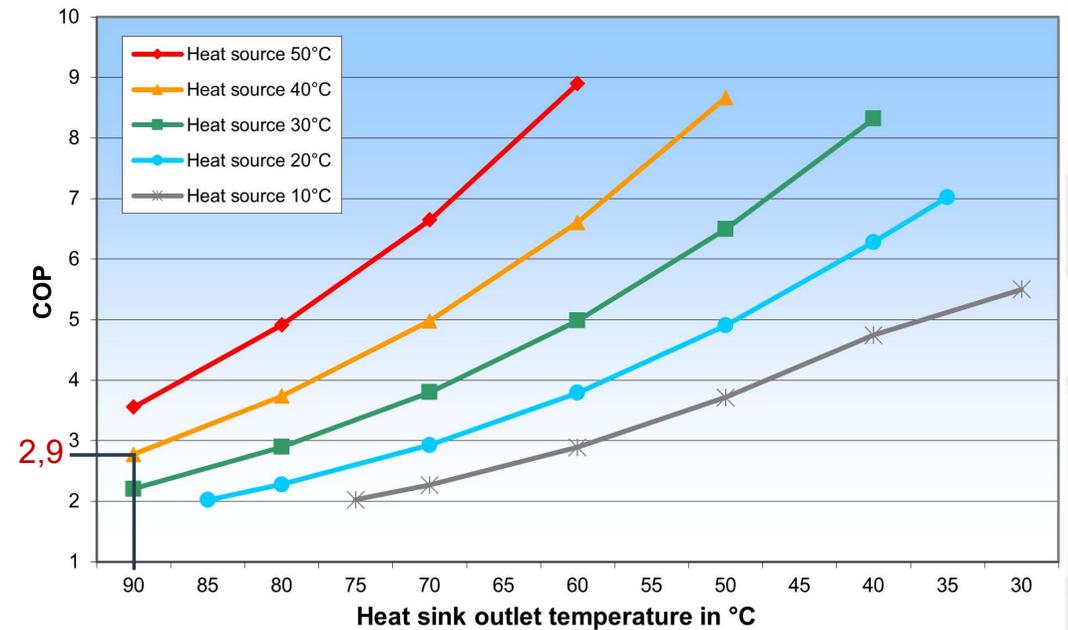
**COP combiné** : Travail utile de chauffe côté puit ET sans électricité complémentaire , travail utile également de refroidissement côté source

# Courbes COP – 1233zd(E) et 1234ze(E)

**COP of compact screw compressor and HCFO-1233zd(E) for different heat source inlet temperature (spread 5K)**



**COP of compact screw compressor and R1234ze for different heat source inlet temperatures (spread 5K)**





# PAC UTILISANT EAU COMME FLUIDE DE TRAVAIL

- R&D par Combitherm GmbH et Université de Dresde (TRL 4)





# CASES STUDIES ET APPLICATIONS



# PAC HT ARMSTRONG

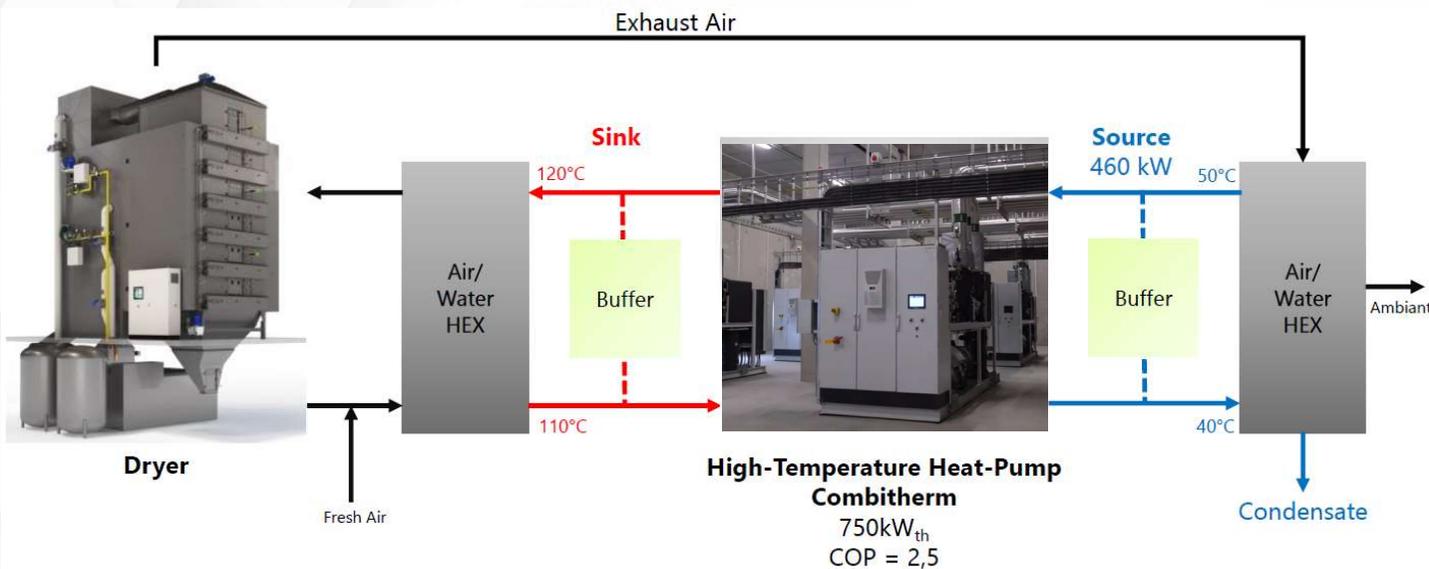


# CASE STUDY 1: ÉLECTRIFICATION D'UN SÈCHEUR DE NOURRITURE ANIMALE

Geelen Counterflow, fabricant bien connu de sècheur a tiré avantage des pompes haute température #Combitherm pour totalement électrifier un sècheur de nourriture animale

- Opérationnel depuis avril 2022 pour une puissance totale de 3,5MW thermique (0,9 MW électrique)
- COP finalement atteint= 4 (intégration thermique a amélioré le COP estimé initialement = 2,5)
- Utilisation d'énergie primaire réduite de 75% (15000 MWh/an) et émissions CO2 de 3000 tonnes/an

IE A Annex 58 case: <https://heatpumpingtechnologies.org/annex58/wp-content/uploads/sites/70/2022/12/combithermhthpannex58.pdf>



Cargill Ewos Bergneset, Norvège;

# CASE STUDY 1: ÉLECTRIFICATION D'UN SÈCHEUR DE NOURRITURE ANIMALE



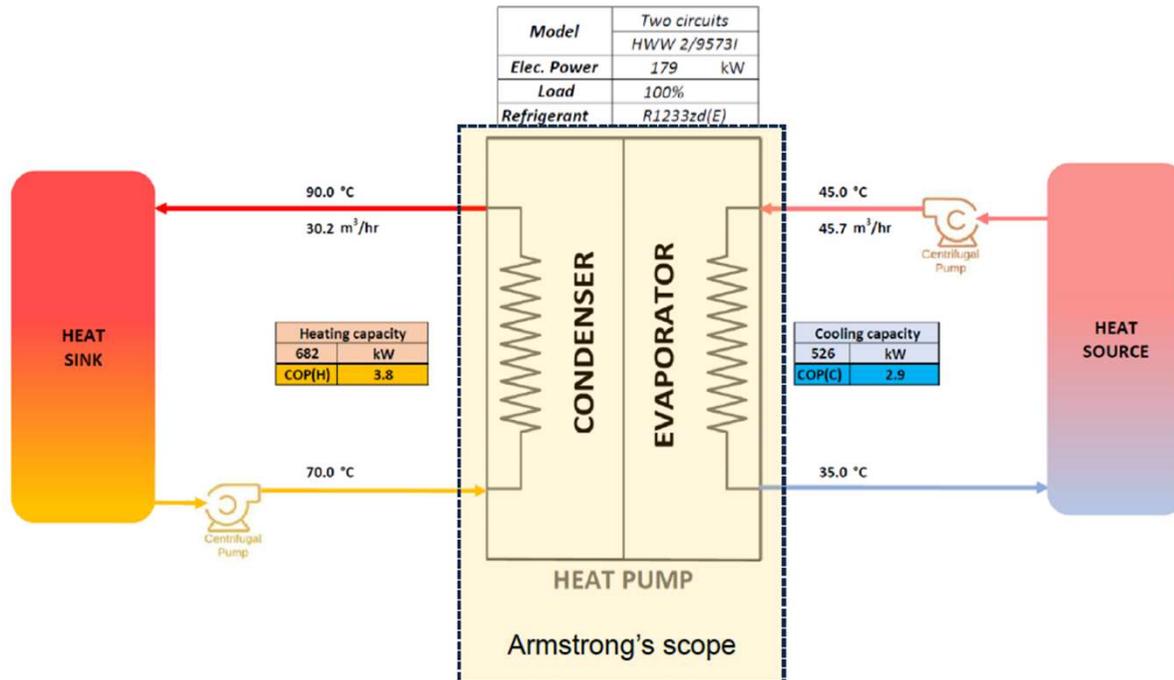
# CASE STUDY 1: ELECTRIFIED PETFOOD DRYER - VIDEO



Link: <https://www.youtube.com/watch?v=keeBW6Y8OeQ&t=19s>

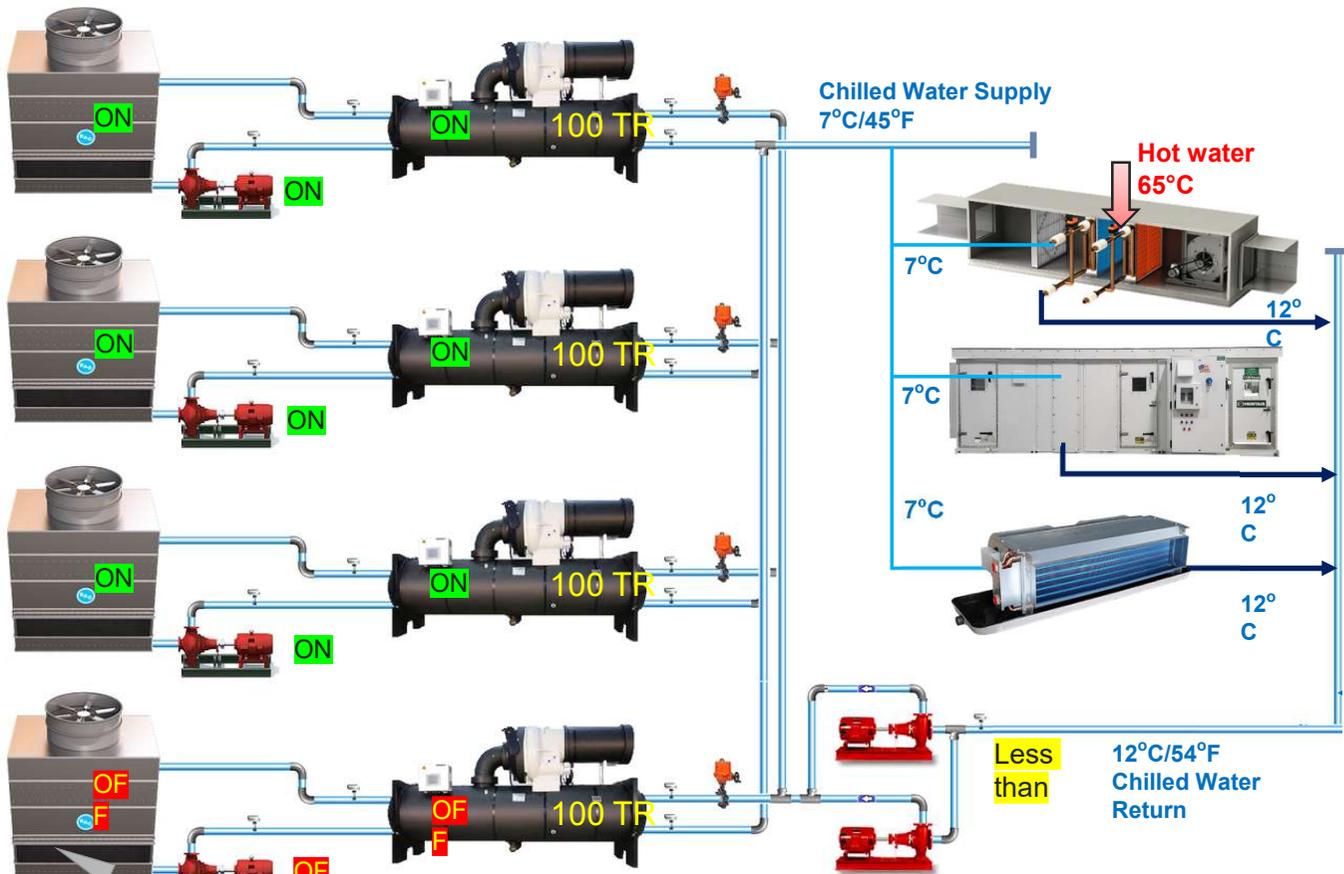


# CASE STUDY 2: PHARMA



Source: eau vers les chillers - Sink: HVAC  
Projet E PC → bâtiment dédié pour les pompes  
2M€ (pour les 3 PAC)

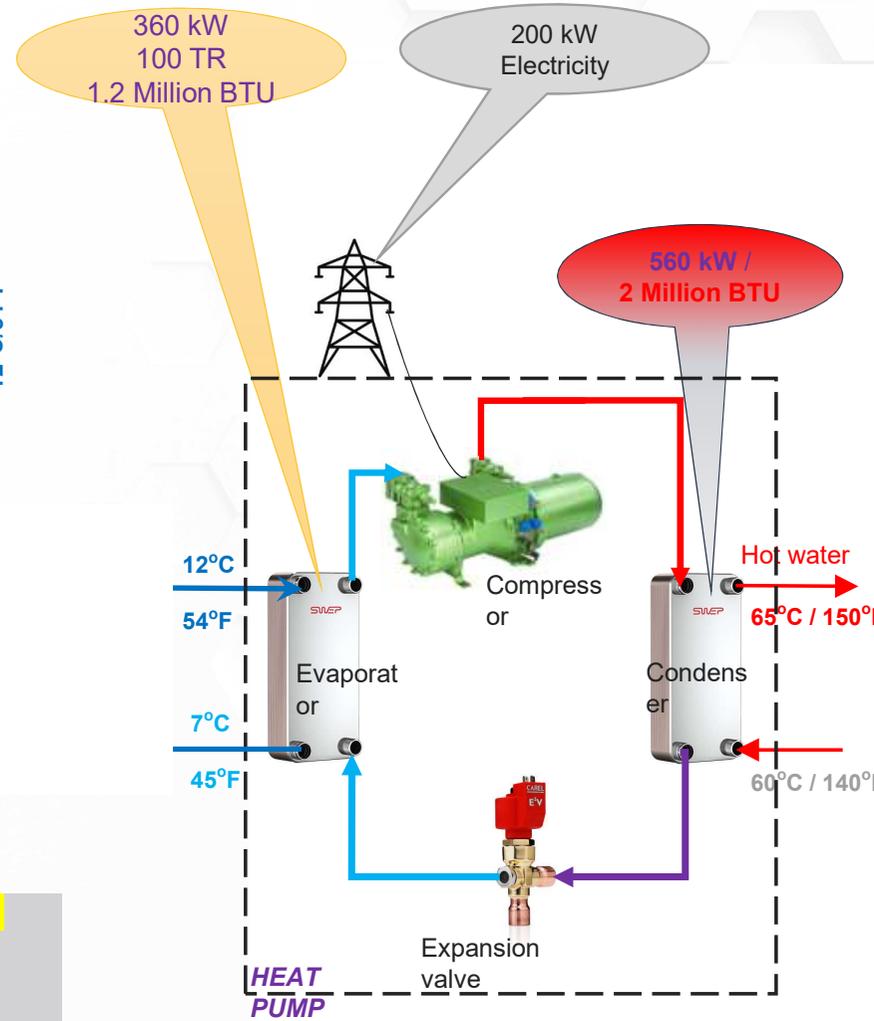
# APPLICATION



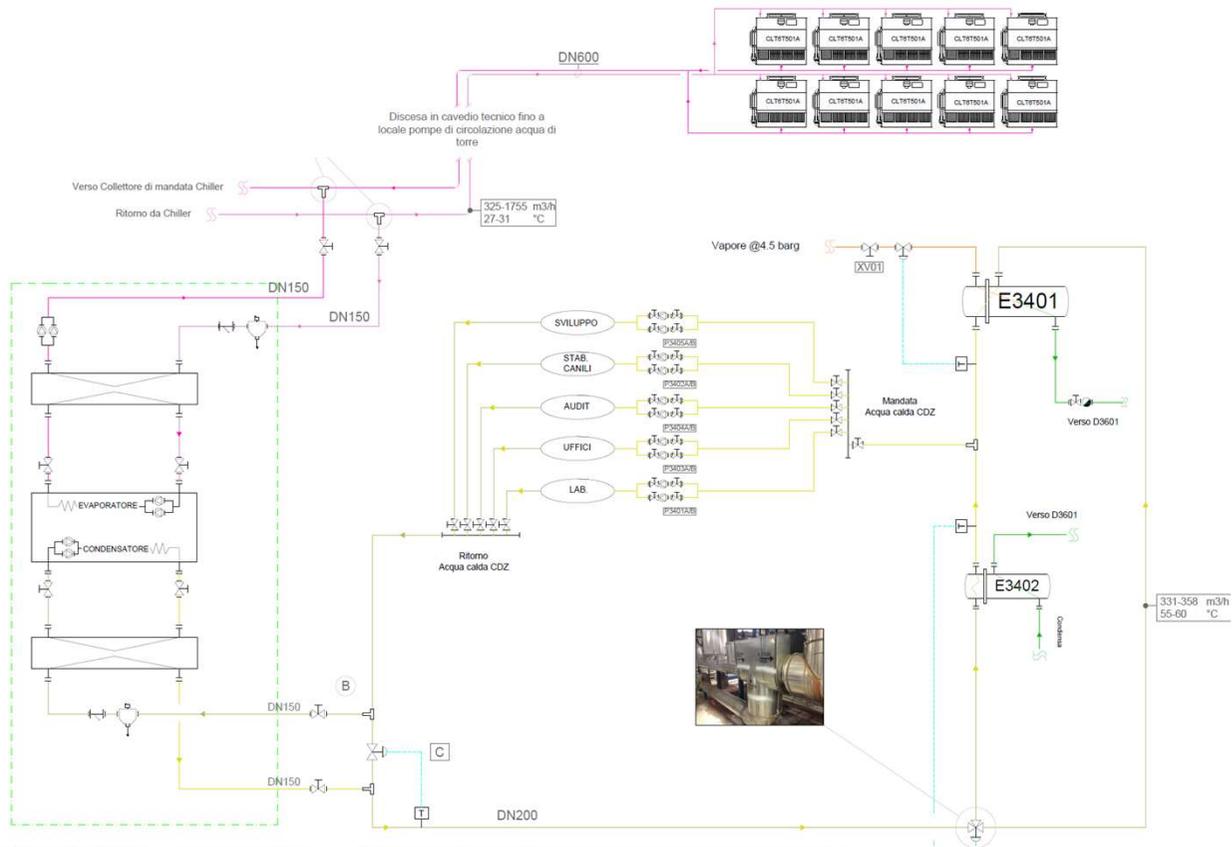
## Water loss

- Evaporation
- Drift
- Blowdown

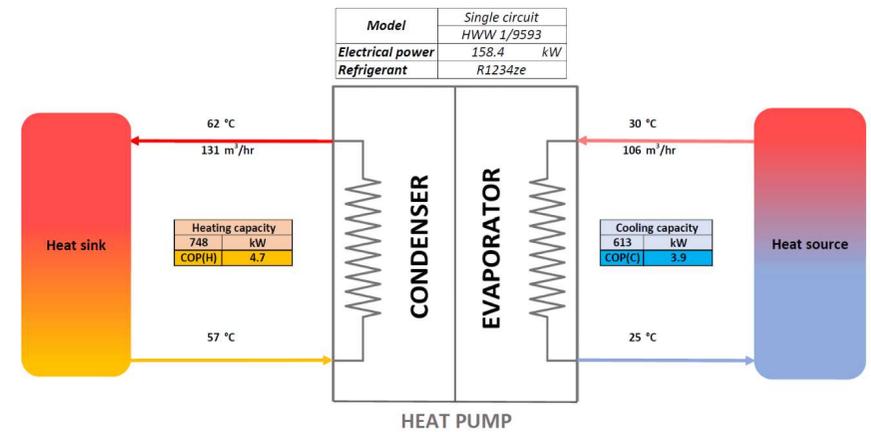
**Les tours de refroidissement  
représentent une  
consommation d'eau jusqu'à  
10.000 m<sup>3</sup>/year/MW**



# CASE STUDY 3: PHARMA



SOURCE: eau des tours  
SINK: HVAC Cleanroom



# CASE STUDY 3: PHARMA

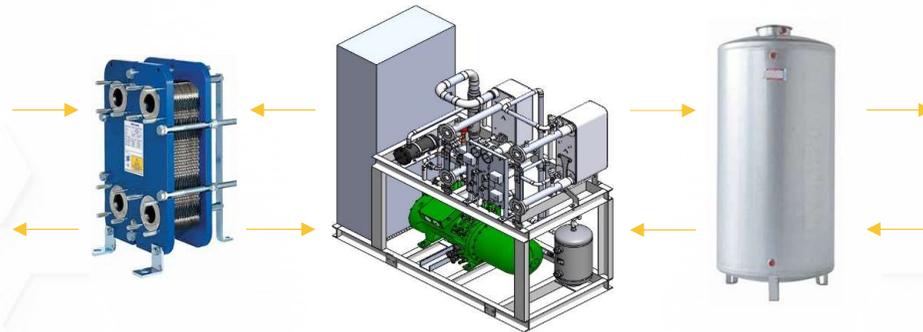
| Pompa di Calore/E3401    |                             |                    |                 |
|--------------------------|-----------------------------|--------------------|-----------------|
| STEAM                    | Attuale Consumo di Vapore   | 12052              | MWh/anno        |
|                          | Efficienza di Impianto      | 80%                |                 |
|                          | Consumo di Gas              | 15065              | MWh_HHV/anno    |
|                          | Costo Gas                   | 150                | €/MWh_HHV       |
|                          | Costo Energia Elettrica     | 340                | €/MWh_e         |
|                          | CO2 emessa                  | 182                | kg/MWh_HHV      |
|                          | <b>Costo annuale totale</b> | <b>2,259,747 €</b> |                 |
| Heat Pump                | <b>Emissioni di CO2</b>     | <b>2742</b>        | <b>ton/anno</b> |
|                          | PdC Consumo Elettrico       | 1438               | MWh/anno        |
|                          | Consumo di Vapore           | 5428               | MWh/anno        |
|                          | Consumo di Gas              | 6785               | MWh_HHV/anno    |
|                          | Consumo Elettrico PdC       | 488,963 €          |                 |
|                          | Costo del Vapore            | 1,017,728 €        |                 |
|                          | <b>Costo annuale totale</b> | <b>1,506,691 €</b> |                 |
| <b>Emissioni di CO2</b>  | <b>1235</b>                 | <b>ton/anno</b>    |                 |
| <b>Risparmio Annuale</b> | <b>753,056 €</b>            | <b>€/anno</b>      |                 |



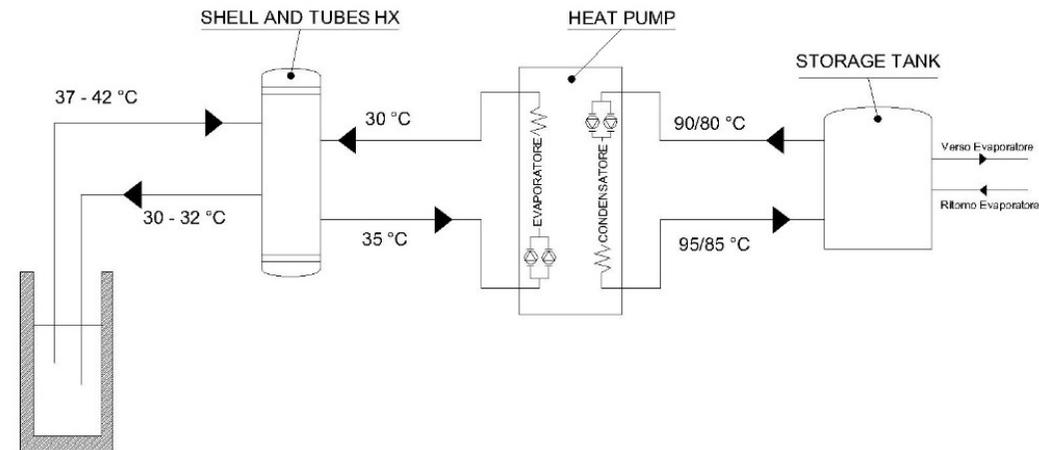
Coût du projet (TK) : 800k€

→ Diminution de 1/3 des besoins de refroidissement aux tours

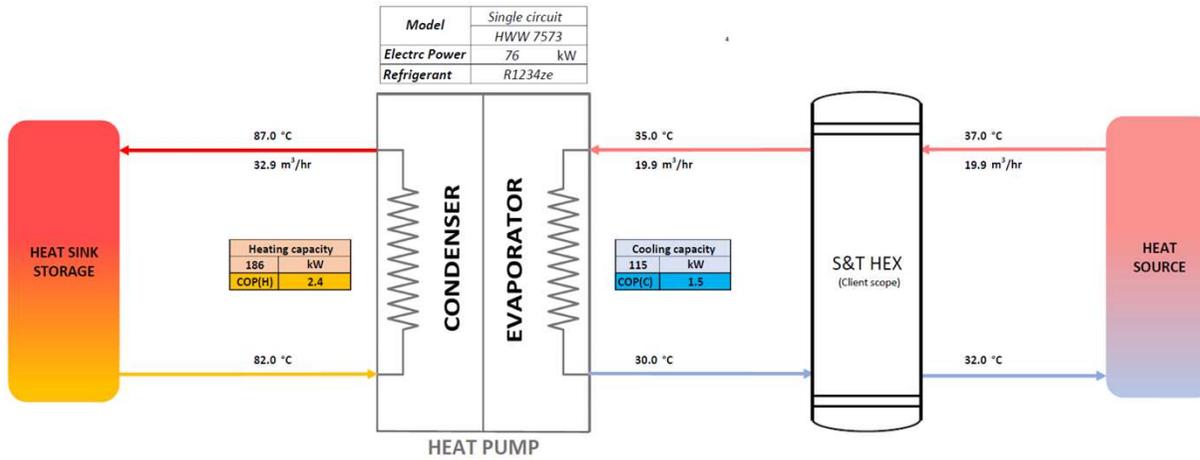
# CASE STUDY 4: CHIMIE



SOURCE: Eau process envoyée vers Chillers  
SINK: E vaporateurs



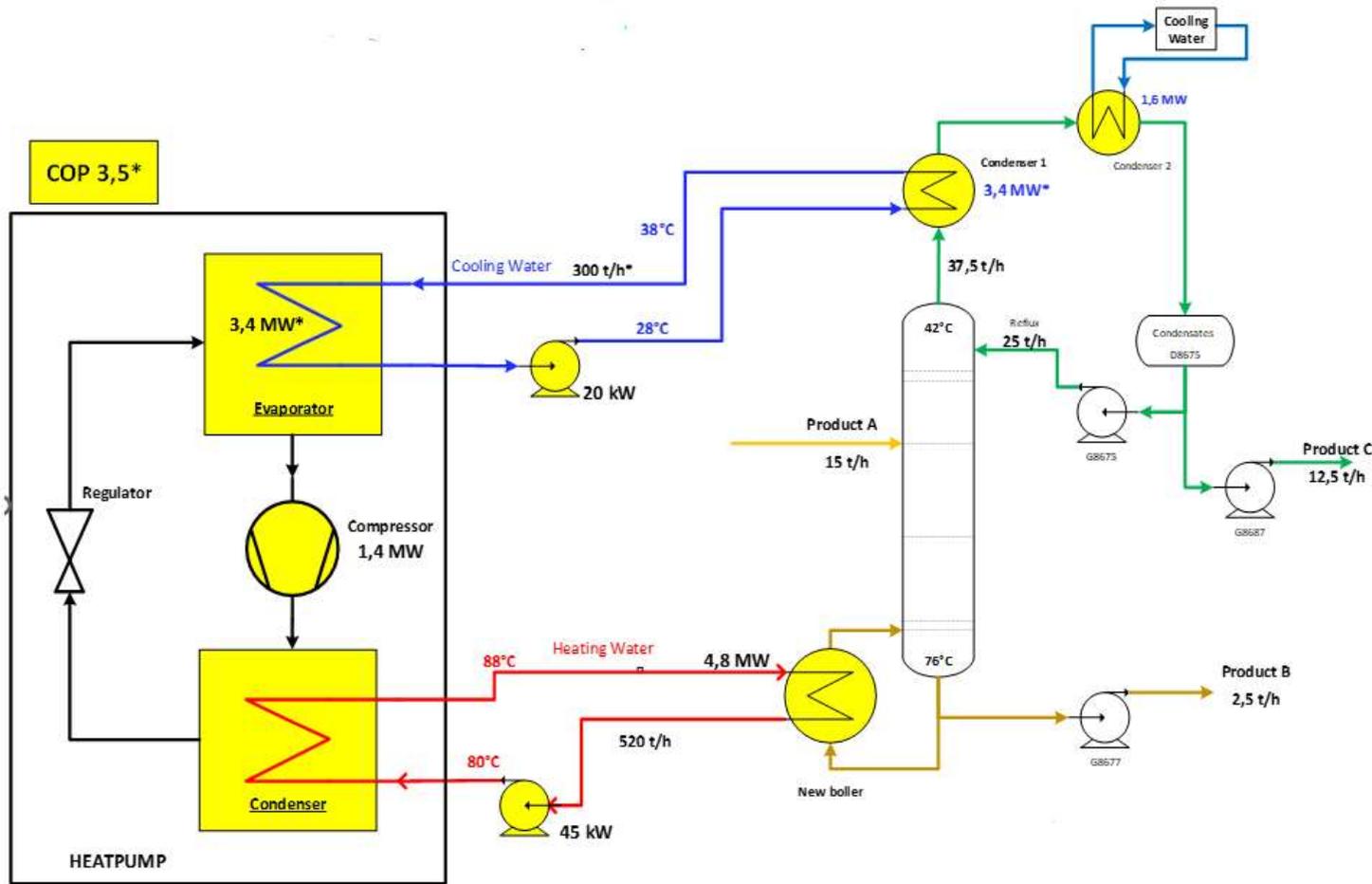
# CASE STUDY 4: CHIMIE



PAC: 227k€ (without options)

| Soluzione 3   |             |  |               |                    |
|---|-------------|--|---------------|--------------------|
| Situazione Attuale                                  | GAS         | Consumo di Gas Annuale                     | 151421        | Nm3/anno           |
|   |             | € Gas, anno                                | 166'563.4 €   | €/anno             |
|   |             | <b>CO2 emessa, Gas</b>                     | <b>298</b>    | ton/anno           |
| Situazione Attuale                                  | CHILLER     | <b>Energia Primaria Gas</b>                | <b>1589.9</b> | MWh,pr/anno        |
|   |             | Consumo Elettrico Chiller - Attuale        | 977.6         | MWh/anno           |
|   |             | € Elettricità Chiller, anno                | 320'227.9 €   | €/anno             |
| Situazione Attuale                                  | CHILLER     | <b>CO2 emessa, Chiller</b>                 | <b>424</b>    | ton/anno           |
|   |             | <b>Energia Primaria - Chiller</b>          | <b>2365.8</b> | MWh,pr/anno        |
|   |             | Soluzione 3                                |               |                    |
| Soluzione 3   | CHILLER     | Potenza Elettrica, PdC                     | 76            | kW                 |
|   |             | COP, caldo                                 | 2.4           | -                  |
|   |             | COP, freddo                                | 1.5           | -                  |
|   |             | COP, Combinato                             | 3.9           | -                  |
|   |             | Potenza Evaporatore                        | 112           | kW                 |
|   |             | Potenza Condensatore                       | 183           | kW                 |
|   |             | <b>Consumo Elettrico PdC, Anno</b>         | <b>555</b>    | <b>MWh/anno</b>    |
|   |             | € Elettricità PdC, anno                    | 181'730.3 €   | €/anno             |
|   |             | <b>CO2</b>                                 | <b>240</b>    | <b>ton/anno</b>    |
|   |             | <b>Energia Primaria - Chiller post PdC</b> | <b>1577</b>   | <b>MWh,pr/anno</b> |
|   |             | <b>CO2 emessa, Chiller post PdC</b>        | <b>282</b>    | <b>ton/anno</b>    |
|   |             | RISPARMIO ANNUO, €                         | 115'714.8 €   | €/anno             |
|   |             | <b>Emissioni di CO2 evitate</b>            | <b>160</b>    | <b>ton/anno</b>    |
|   |             | <b>Risparmio Energetico, totale</b>        | <b>820.0</b>  | <b>MWh,pr/anno</b> |
| Investimento PdC                                    | 227'465.0 € | €  |               |                    |
| <b>Rapporto Energia risparmiata su Investimento</b> | <b>3.6</b>  | <b>kWh/€</b>                               |               |                    |
| <b>Rapporto Emissioni Evitate su Investimento</b>   | <b>0.7</b>  | <b>kgCO2/€</b>                             |               |                    |

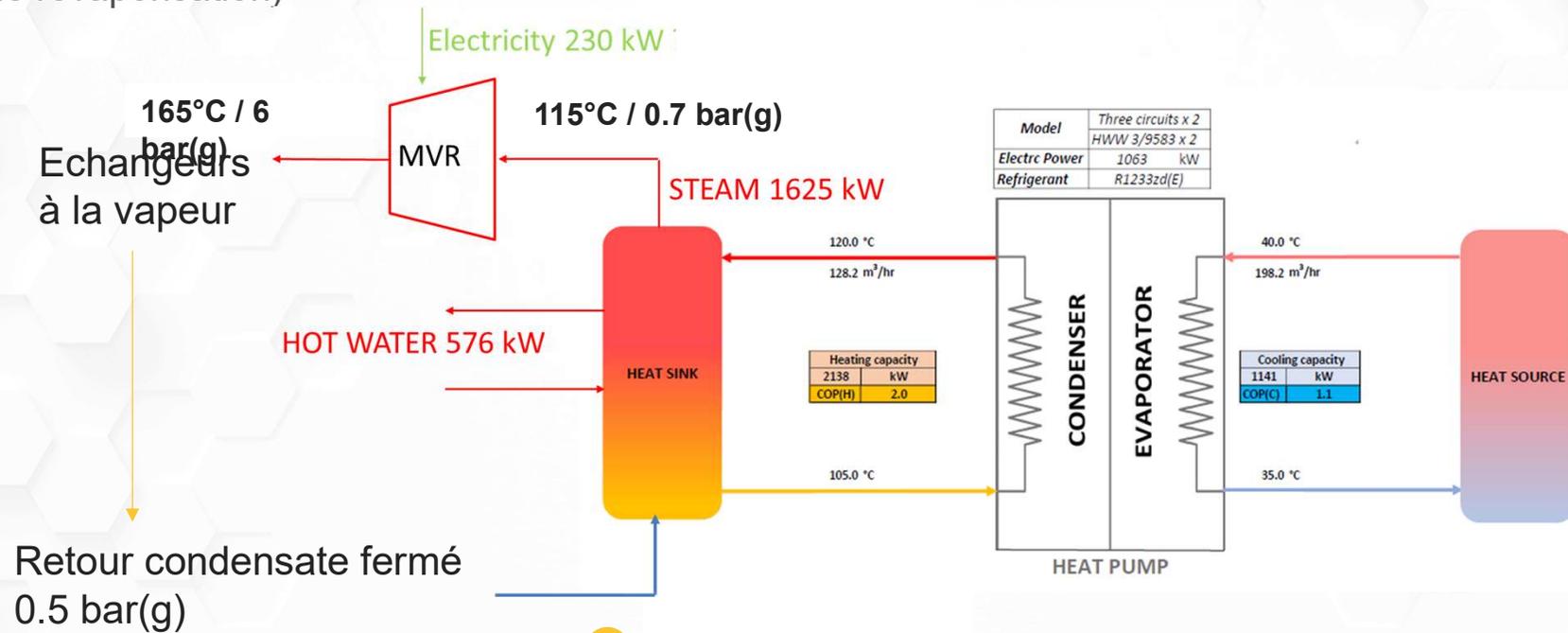
# APPLICATION: COLONNE DE DISTILLATION



- I Corrélation entre sources et puits de chaleur:
  - o La source est la condensation des vapeurs en haut de la colonne (au lieu de tour de refroidissement)
  - o Le puit est l'échangeur de chauffe en bas de la colonne
- I Remplacement de l'échangeur (eau chaude au lieu de la vapeur)

# APPLICATION: PAC GÉNÉRANT DE LA VAPEUR BASSE PRESSION + MVR

- ▮ PAC avec évaporateur pour générer de la vapeur à 115°C / 0.7 bar(g) ;
- ▮ Analyse et rationalisation des besoins en chaud
- ▮ Compresseur(s) vapeur pour augmenter la pression, et donc la température > 200°C ;
- ▮ Le réseau vapeur et condensat doit être le plus fermé possible (sans pertes de vapeur vive, de condensat et de vapeur de revaporisation)



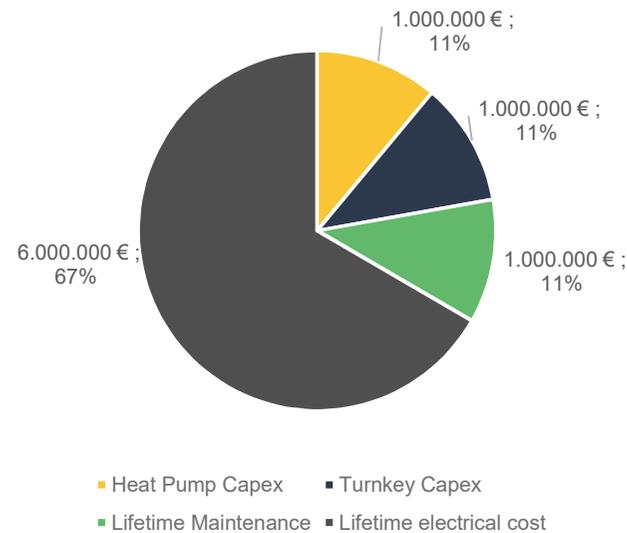
# APPLICATION: PAC GÉNÉRANT DE LA VAPEUR BASSE PRESSION + MVR



# APPLICATION: TOTAL COST OF OWNERSHIP

|   |                    |
|---|--------------------|
| <b>Total Cost of Ownership (TCO) in Years</b> | <b>20</b>          |
| Thermal Power (MW)                            | 1                  |
| <b>Heat Pump Capex</b>                        | <b>1.000.000 €</b> |
| <b>Turnkey Capex</b>                          | <b>1.000.000 €</b> |
| <b>Lifetime Maintenance</b>                   | <b>1.000.000 €</b> |
| Running time in h/year                        | 6.000              |
| COP   | 3,0                |
| Electrical use MWh/year                       | 2.000              |
| Electrical cost (€/MWh)                       | <b>150 €</b>       |
| Yearly electrical cost                        | 300.000 €          |
| <b>Lifetime electrical cost</b>               | <b>6.000.000 €</b> |
| <b>TOTAL COST</b>                             | <b>9.000.000 €</b> |
| Gas cost (€/MWh)                              | <b>50 €</b>        |
| Electricity-to-gas price                      | 3,0                |
| Thermal system efficiency (Steam or HW)       | <b>70%</b>         |
| Yearly gas cost                               | 428.571 €          |
| Lifetime gas cost                             | 8.571.429 €        |
| Carbon tax (€/ton)                            | <b>45 €</b>        |
| CO2 emissions from gas                        | 1.200              |
| Yearly CO2 cost                               | 54.000 €           |
| Lifetime CO2 cost                             | 1.080.000 €        |
| Yearly saving on Energy & CO2 cost            | - 182.571 €        |
| Total saving on Energy & CO2 cost             | - 3.651.429 €      |
| Capex Subsidies                               | - 400.000 €        |
| Payback in years                              | 9                  |
| Abatement cost per ton of CO2                 | - 85 €             |

Total Cost of Ownership (TCO) - heat pump project



→ Contrat de garantie totale proposé par Armstrong (/ partie de la durée de vie)

# SUBSIDES

- **Innovation Fund (par la commission Européenne):**
  - **Jusqu'à 60% du Capex, cumulable avec subsides locaux**
  - **Projets ambitieux (min 50% de décarbonation) et pas rentables en moins de 10 ans**
  - **en 2023, ils n'ont dépensé que 60 M€ sur les 200 M€ disponibles pour les projets « small size » (entre 2.5 M€ et 20 M€)**
  - **il n'y a pas encore eu de projet de cette catégorie en Belgique**
  - **on a 5 ans pour réaliser le projet, donc transformation possible en plusieurs phases annuelles (pour ne pas trop perturber le fonctionnement du site)**



# Event: Journée chaleur fatale

3 décembre 2024 (9:00 - 16:30)  
Herstal (parc industriel des Hauts-Sarts)





Armstrong provides intelligent system solutions that improve thermal utility performance, lower energy consumption, and reduce environmental emissions while providing an enjoyable experience.

# MERCI POUR VOTRE ATTENTION

Mes coordonnées:

SEBILLE MELISSA

[Msebille@armstronginternational.eu](mailto:Msebille@armstronginternational.eu)

0470/ 56 83 02

