



# 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



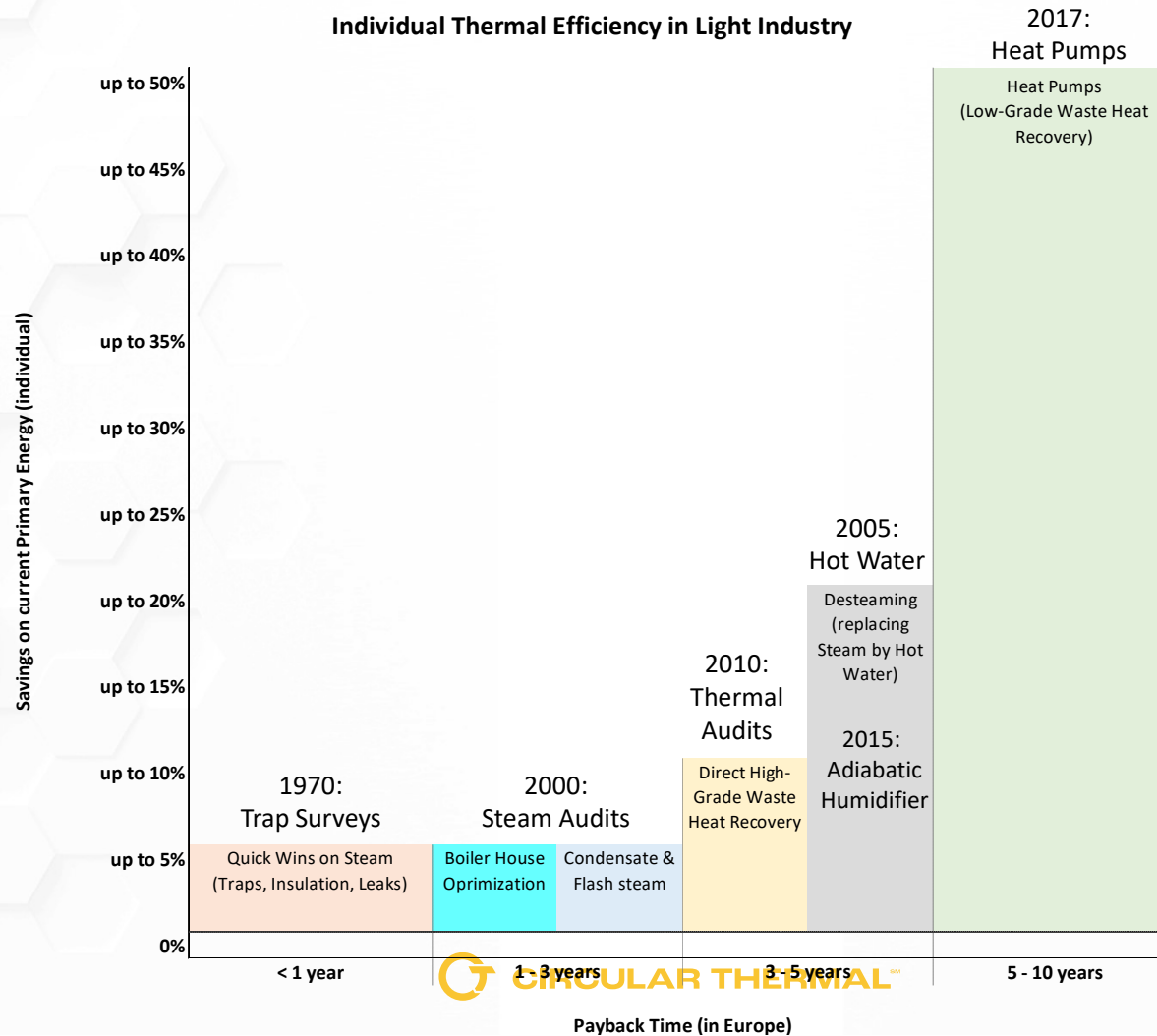
# EN WALLONIE



Learning Center



# ÉVOLUTION DES SOLUTIONS ARMSTRONG EFFICACITÉ ÉNERGÉTIQUE

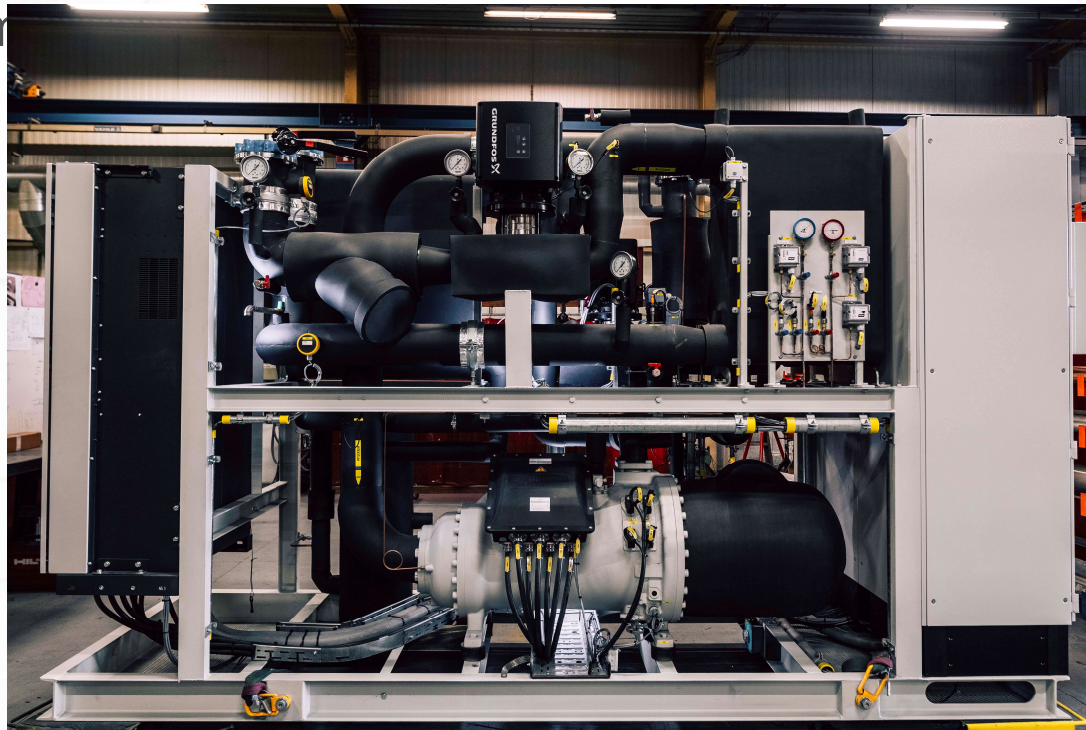


## EN WALLONIE

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

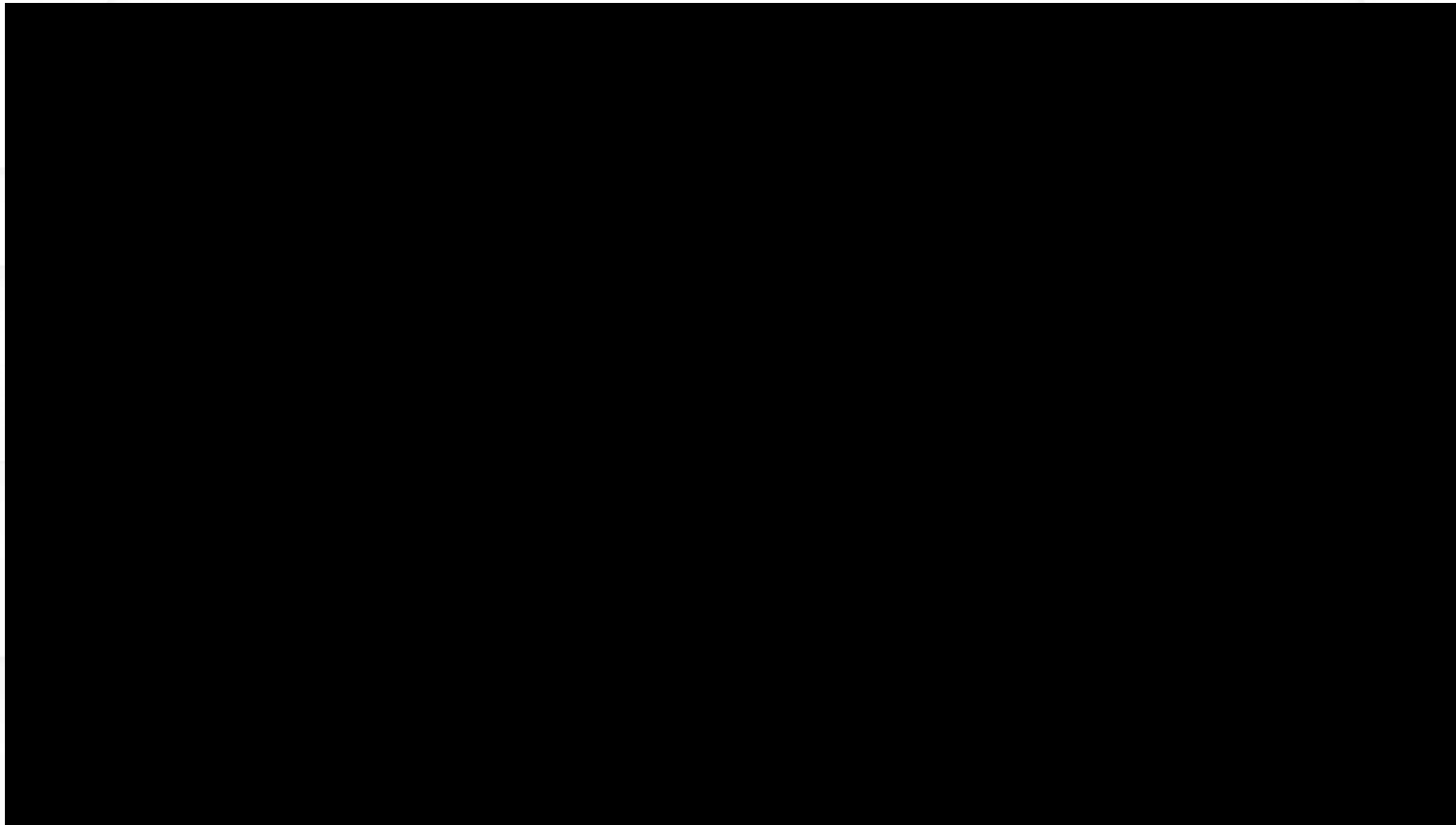




# LA CIRCULARITE THERMIQUE



# CIRCULARITÉ THERMIQUE DU SYSTÈME- VIDÉO

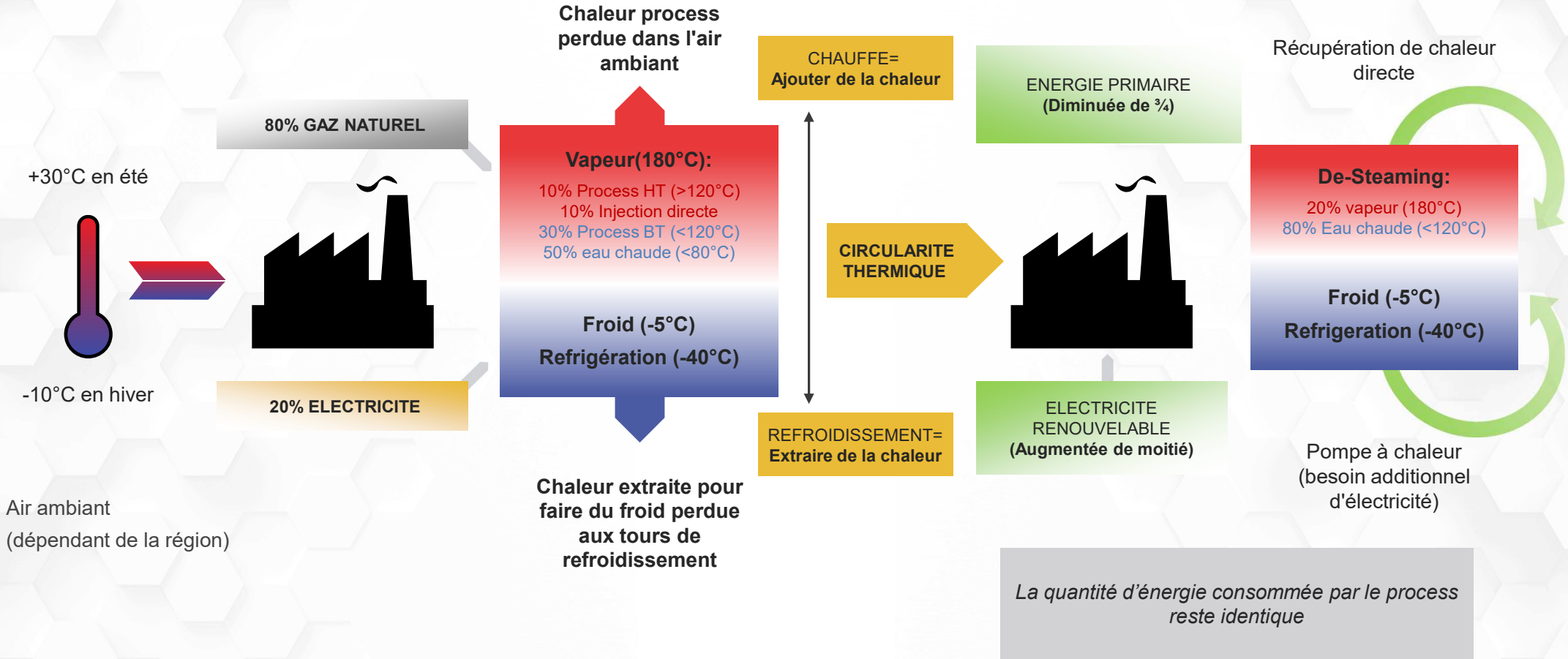


Link: [https://www.youtube.com/watch?v=ScfDrhr9n\\_4&t=4s](https://www.youtube.com/watch?v=ScfDrhr9n_4&t=4s)

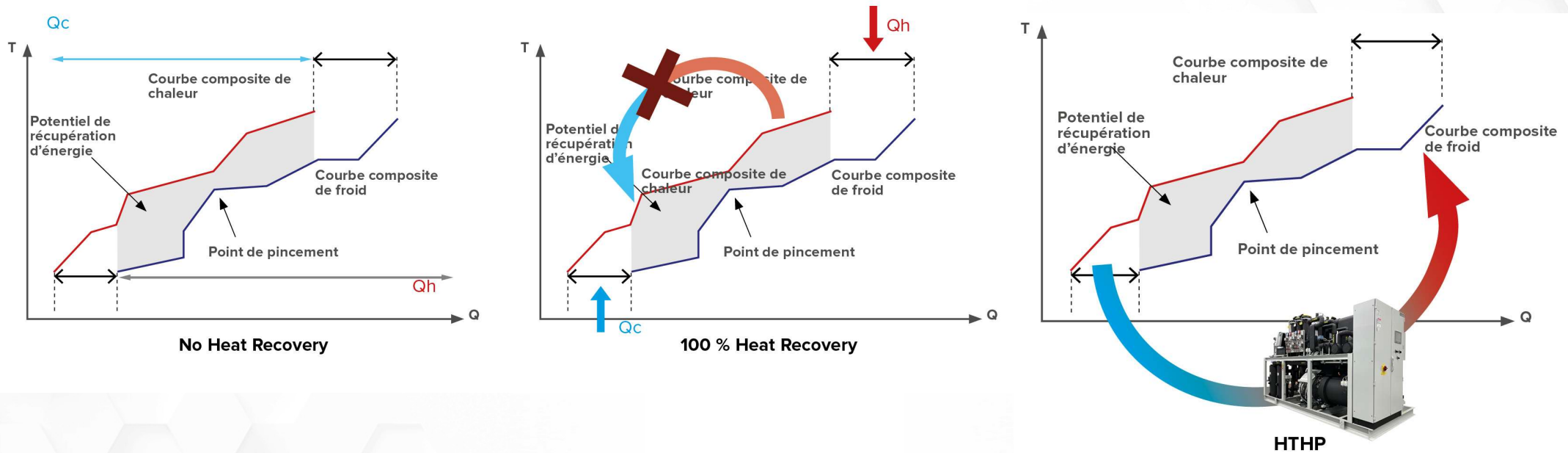




# CIRCULARITÉ THERMIQUE DU SYSTÈME



# METHODOLOGIE DU PINCEMENT (PINCH)

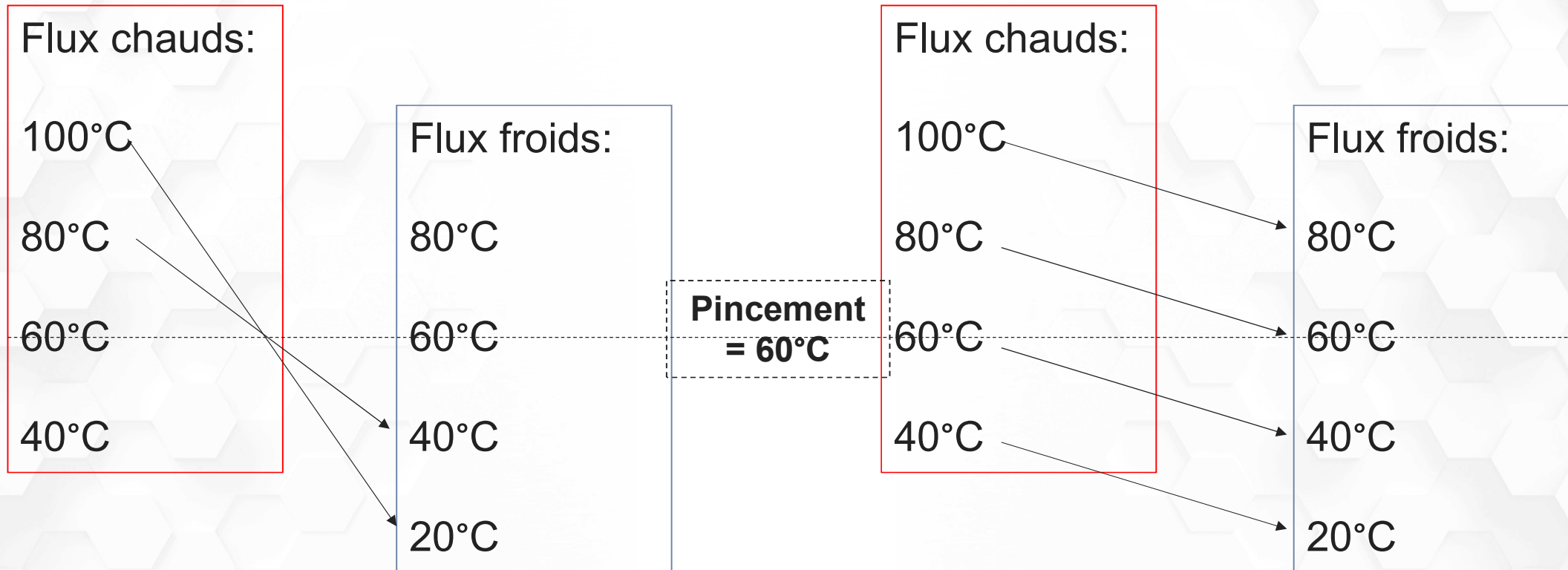


- **Q<sub>c</sub>**: Energie à enlever au système par le refroidissement
- **Q<sub>h</sub>**: Energie à ajouter au système par la chauffe

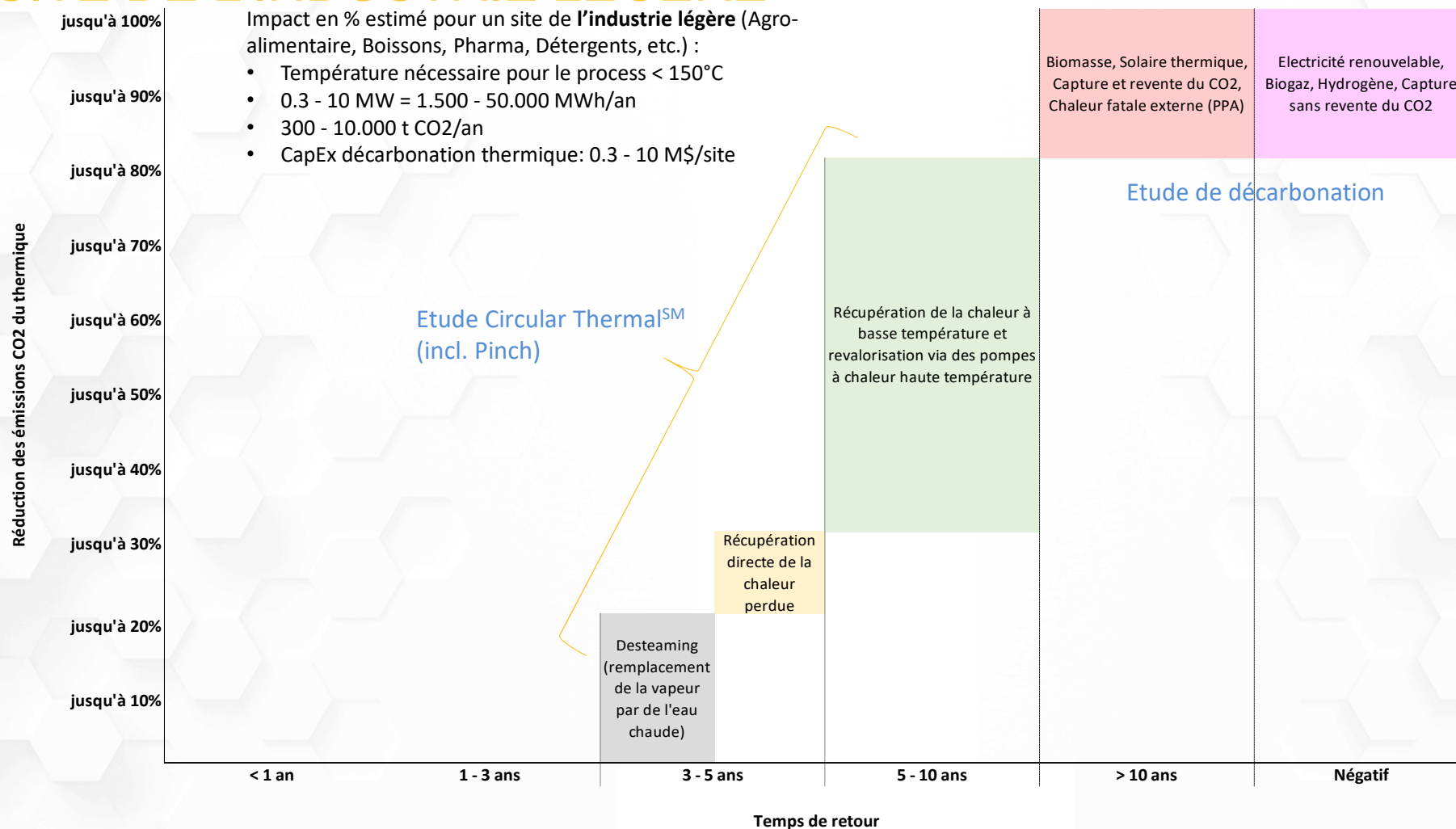
**PAC** peut être utilisée pour upgrader la chaleur basse température sous le point de pincement pour réduire la demande en chaleur ( $Q_h$ )

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





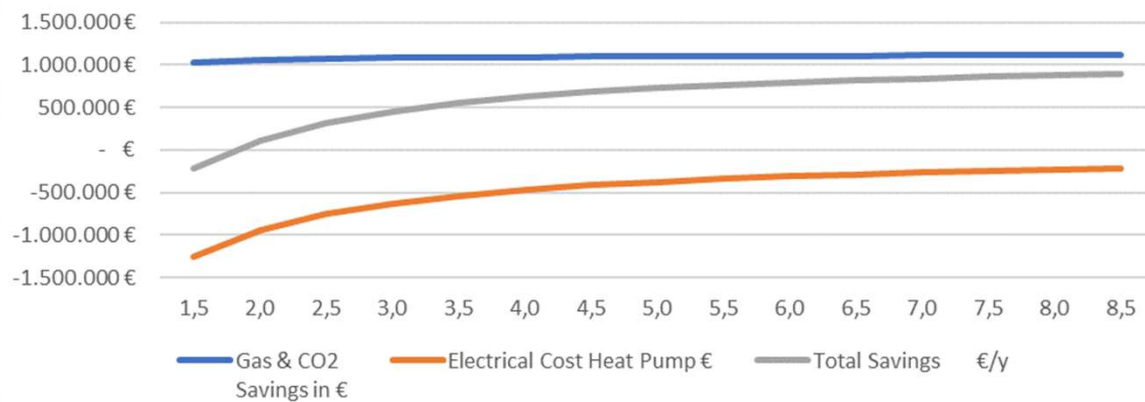
# PAC: CARACTERISTIQUES



# 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

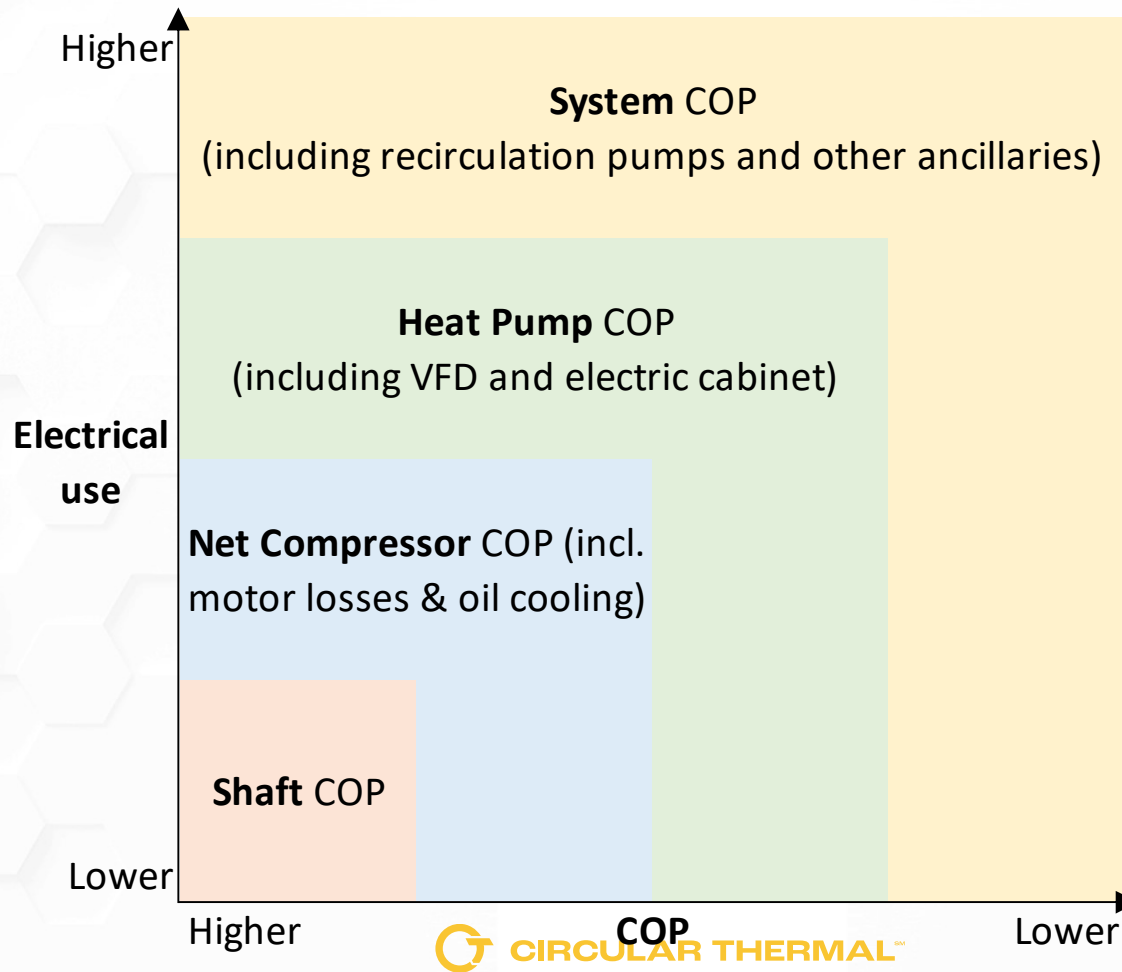
Evolution of Savings based on COP/CCOP



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

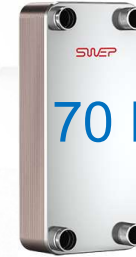
COP  
Chaud =  
2.94



34 kW  
Puissance électrique au compresseur



100 kW



70 kW



Combined  
COP  
5.0

Puissance condenseur+ évaporateur



34 kW

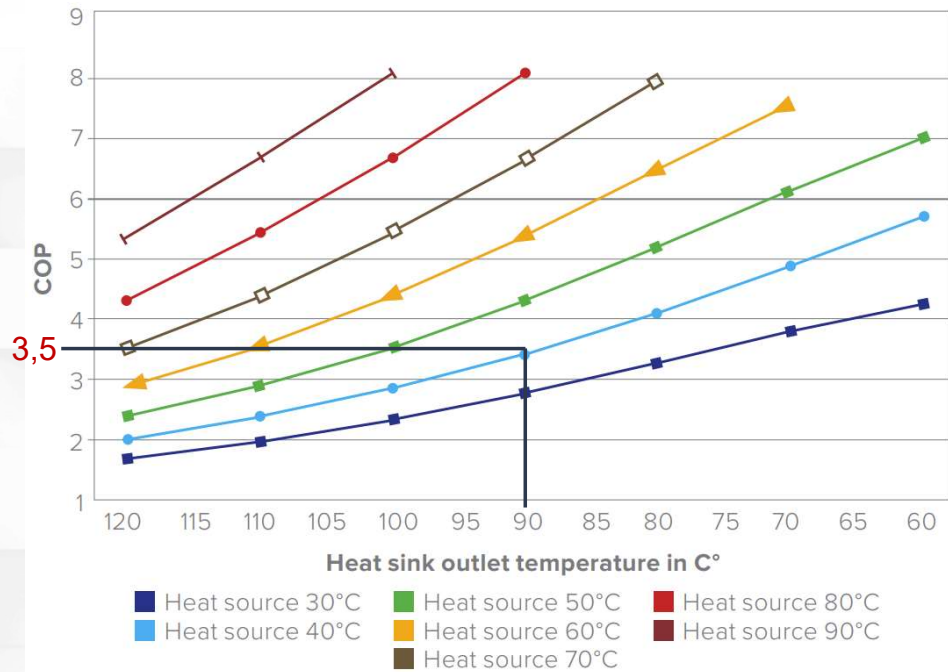


Puissance électrique au compresseur

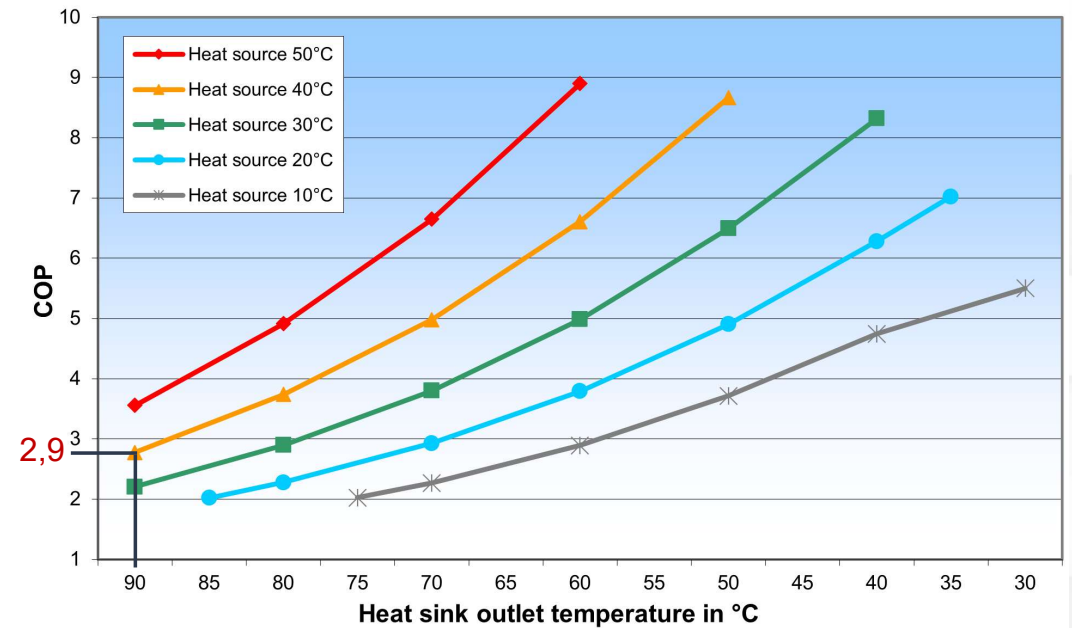
**COP combiné** : Travail utile de chauffe côté puit ET sans électricité complémentaire , travail utile également de refroidissement côté source

# 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)





# CASES STUDIES ET APPLICATIONS



# PAC HT ARMSTRONG

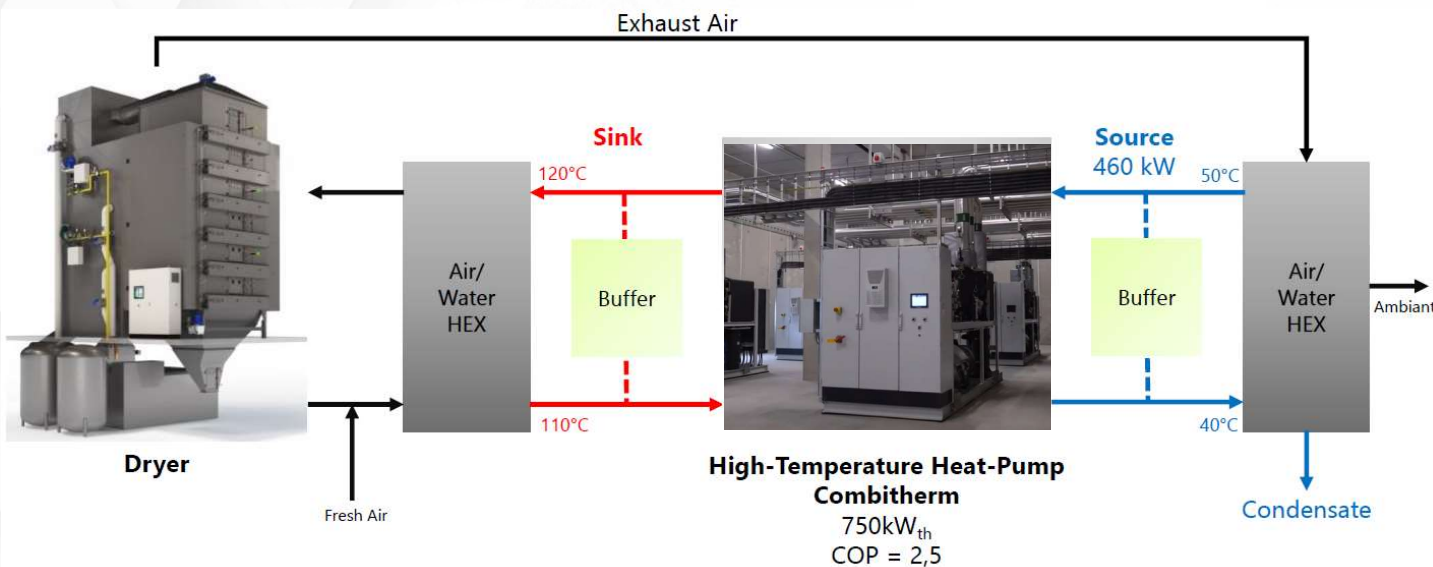


# CASE STUDY 1: ÉLECTRIFICATION D'UN SÈCHEUR DE NOURRITURE ANIMALE

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

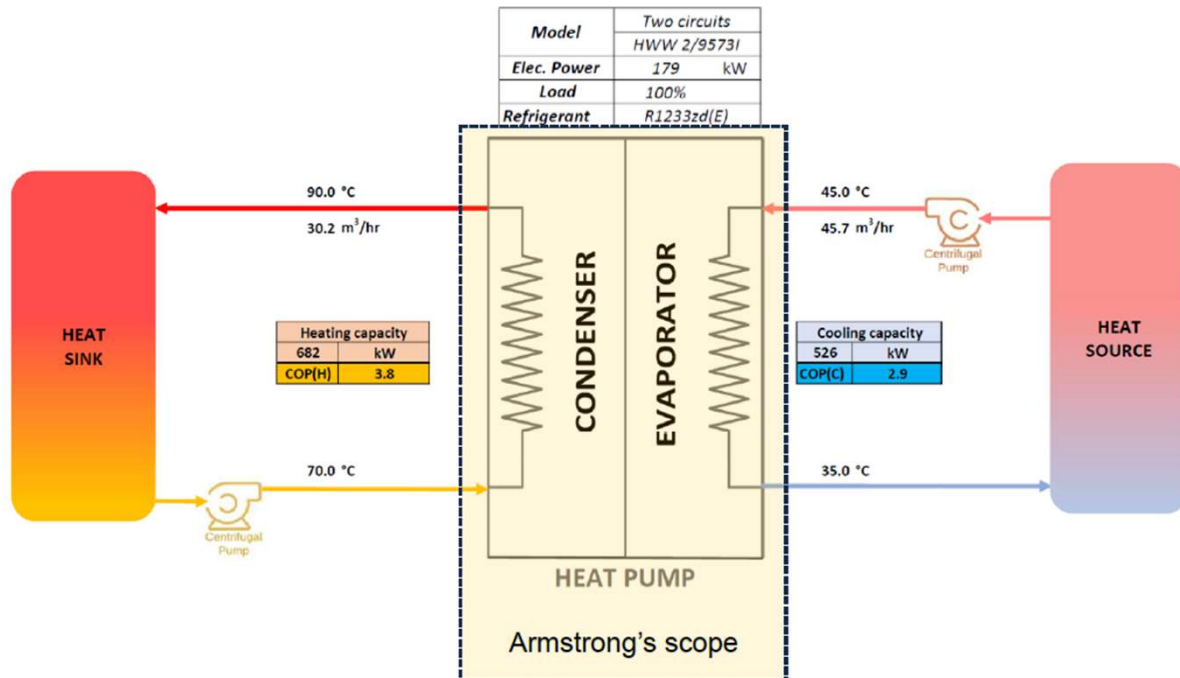


**geelen  
counterflow**  
cool and dry

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

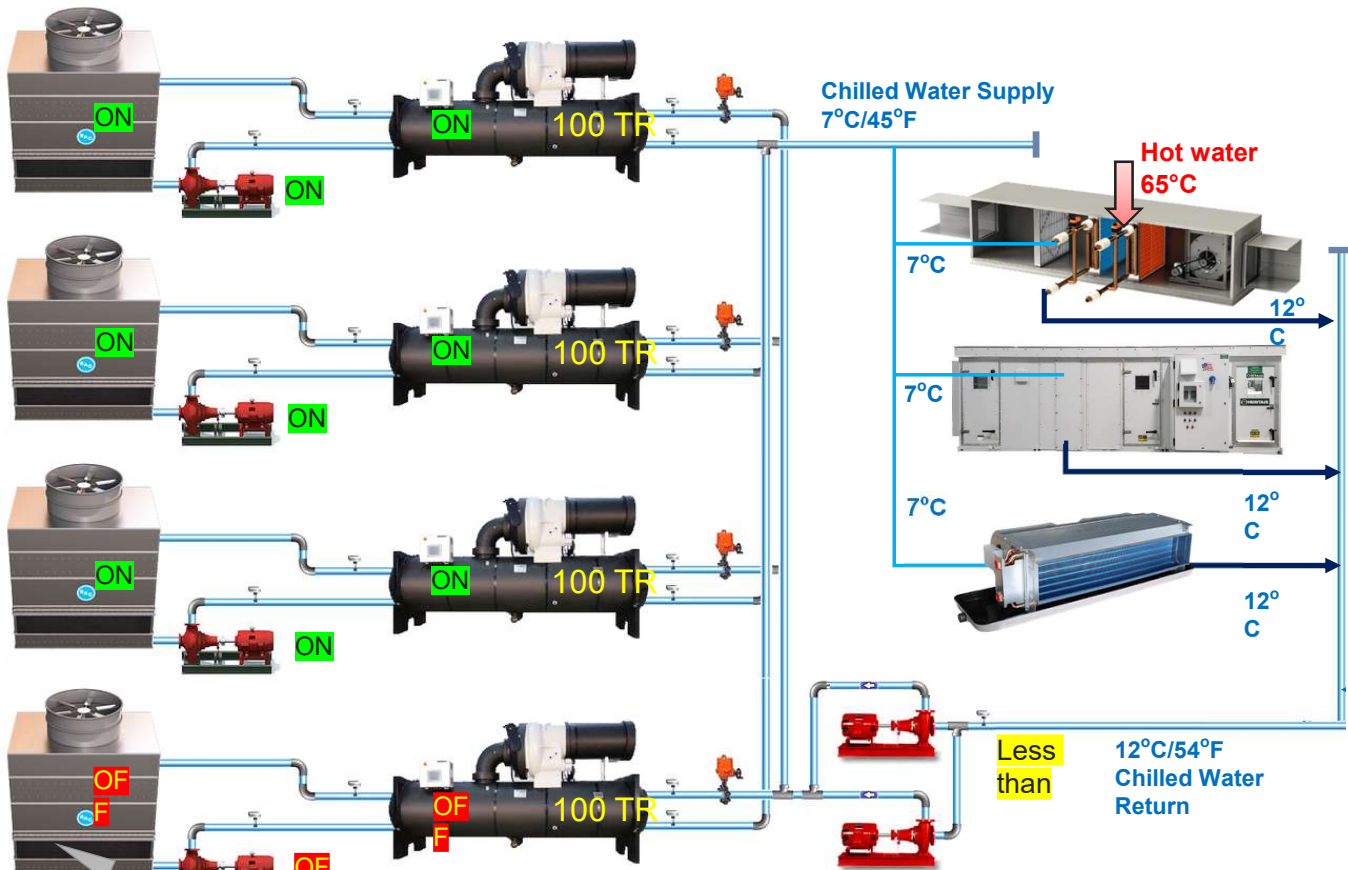
 **CIRCULAR THERMAL™**

# CASE STUDY 2: PHARMA



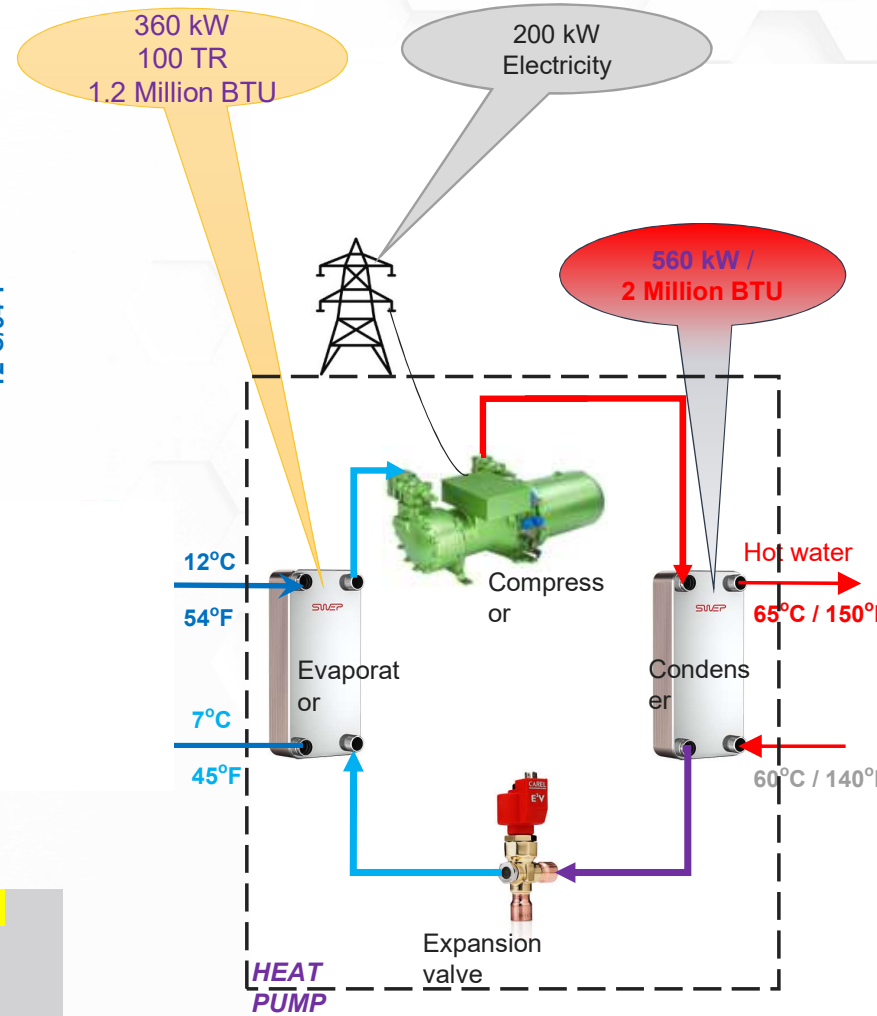
Source: eau vers les chillers - Sink: HVAC  
Projet E PC → bâtiment dédié pour les pompes  
2M€ (pour les 3 PAC)

# APPLICATION

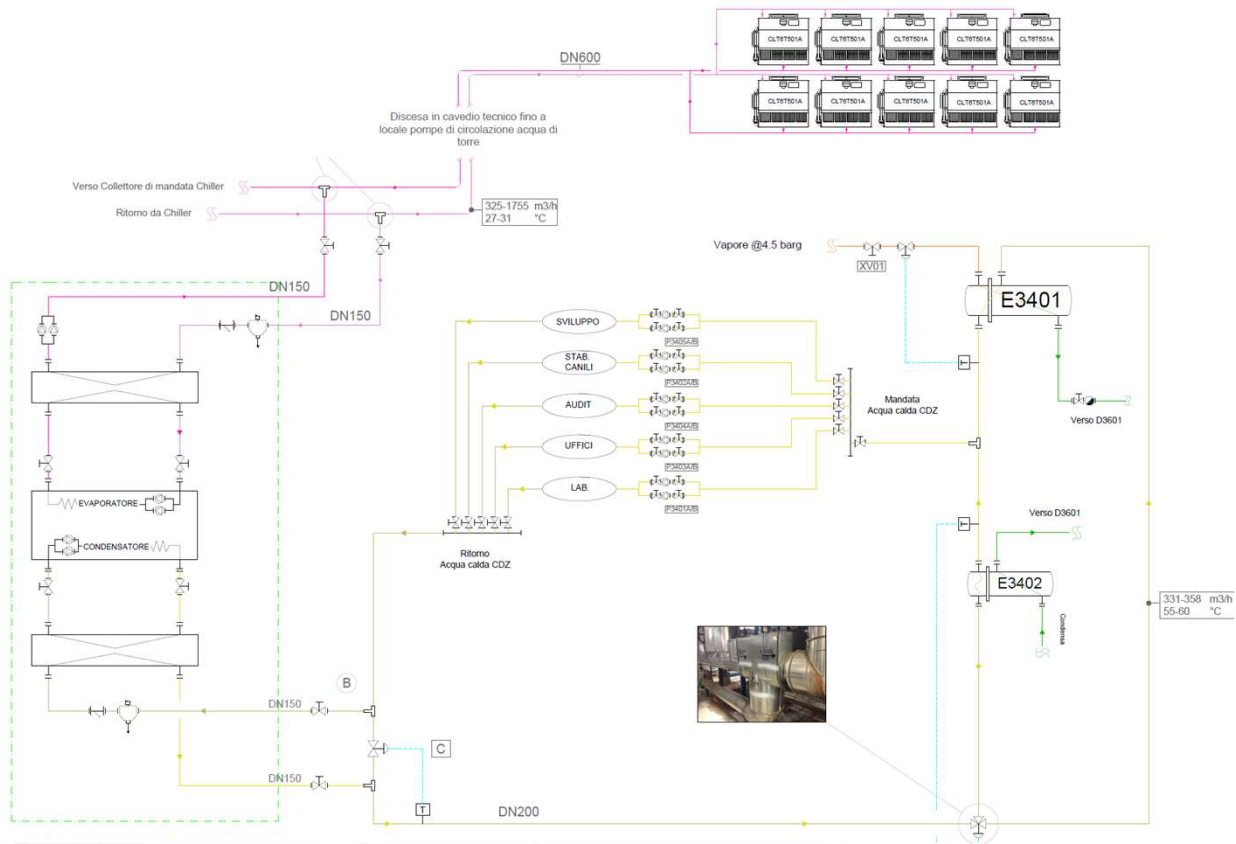


- Water loss
- Evaporation
  - Drift
  - Blowdown

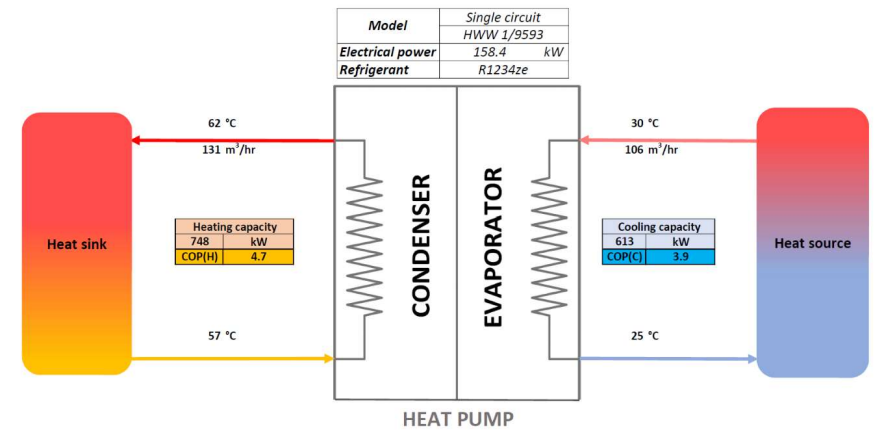
**Les tours de refroidissement  
représentent une  
consommation d'eau jusqu'à  
10.000 m<sup>3</sup>/year/MW**



# 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>	

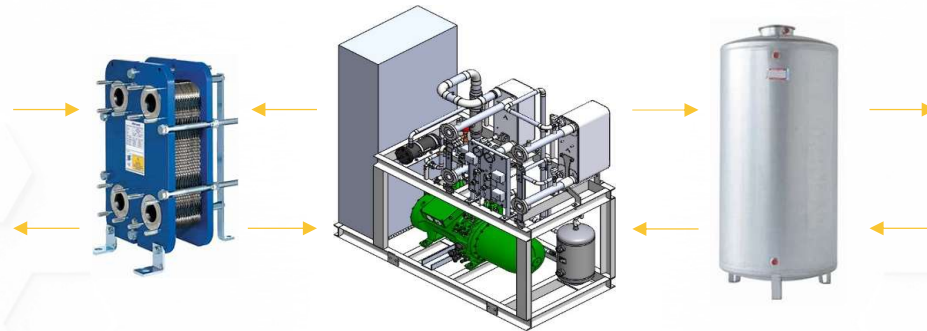


Coût du projet (TK) : 800k€

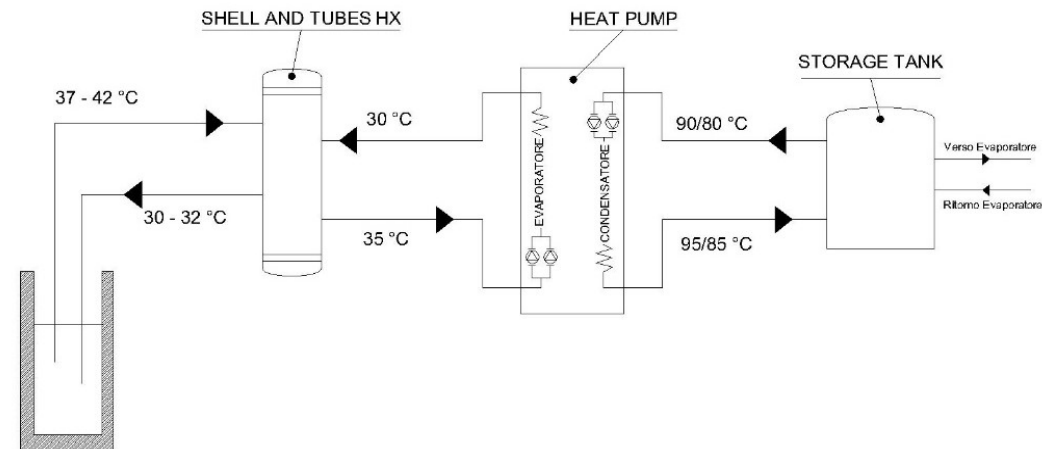
→ Diminution de 1/3 des besoins de refroidissement aux tours



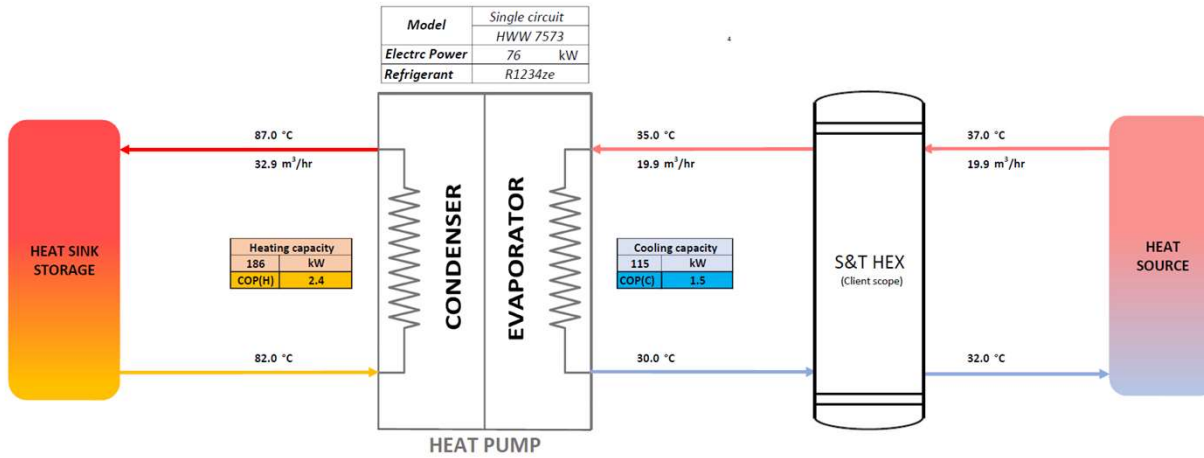
# CASE STUDY 4: CHIMIE



SOURCE: Eau process envoyée vers Chillers  
SINK: E vaporateurs



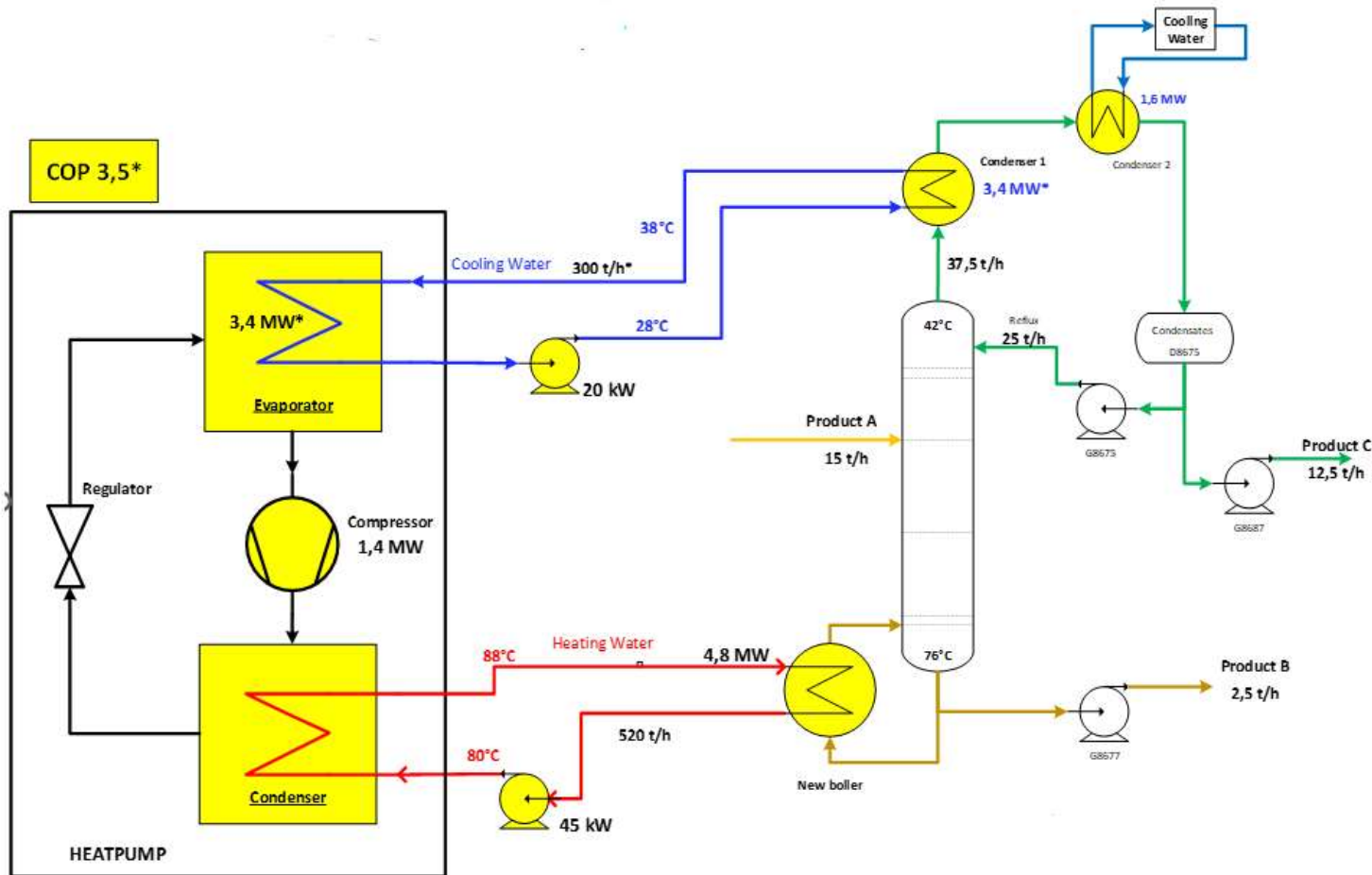
# CASE STUDY 4: CHIMIE



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
		<b>Soluzione 3</b>		
Situazione 3	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>		

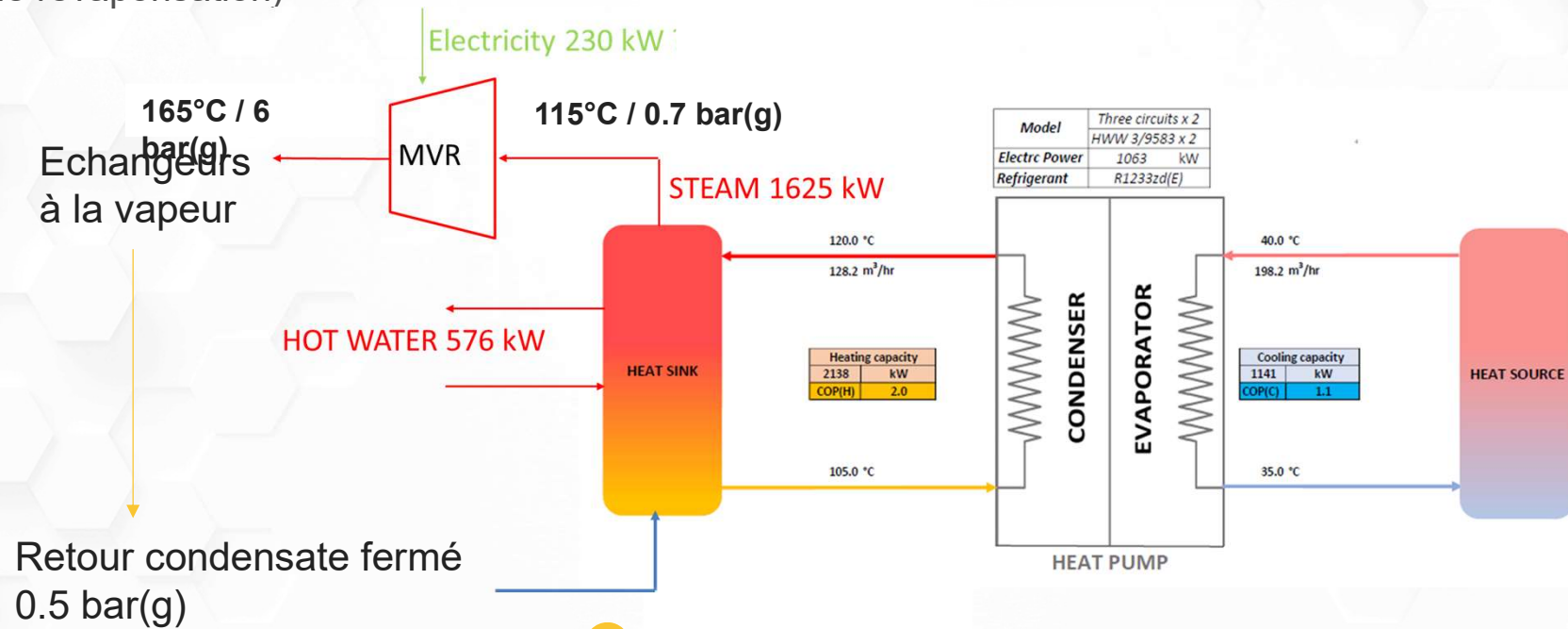
# APPLICATION: COLONNE DE DISTILLATION



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

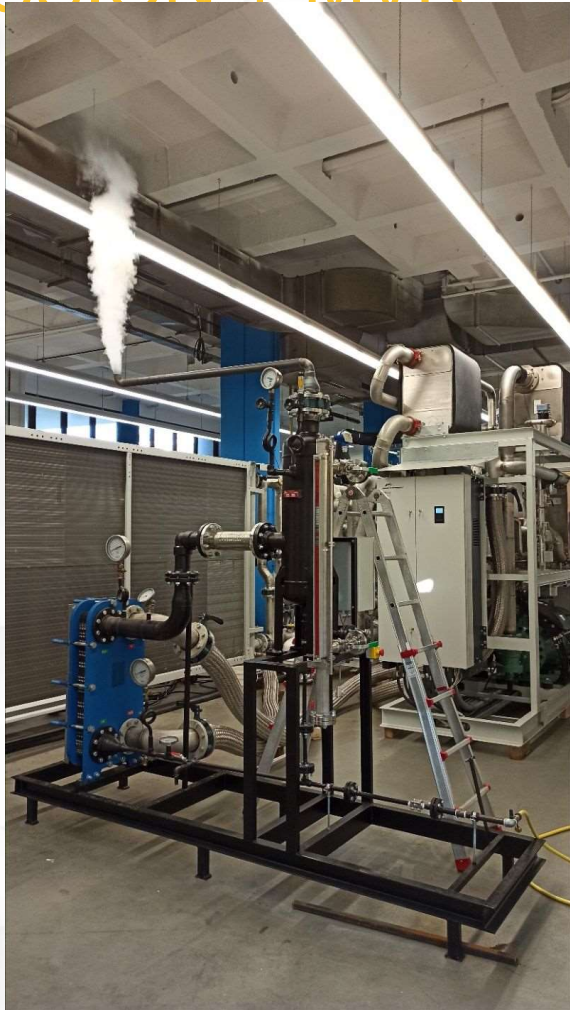
# APPLICATION: PAC GÉNÉRANT DE LA VAPEUR BASSE PRESSION + MVR

- | 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

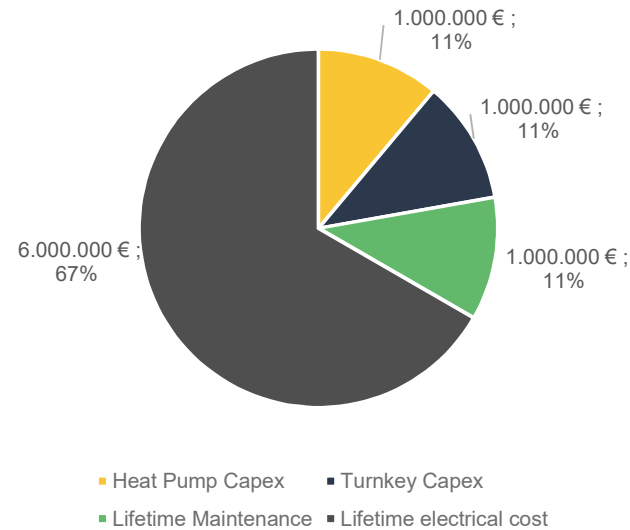




# APPLICATION: TOTAL COST OF OWNERSHIP

<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

