

## Les techniques pour économiser l'énergie dans le bâtiment industriel

### P32- Valoriser la chaleur basse température de la récupération à la pompe à chaleur

réseaudtc



Wallonie

FACILITATEUR  
**URE**

[www.reseaudtc.be](http://www.reseaudtc.be)

Etienne de Montigny  
DTC sa

réseaudtc  
experts en confort éco-thermique

## Programme

- Au départ de quelques exemples d'installations en PAC aérothermiques pour illustrer mes propos, je vais tenter de vous prouver les opportunités sur l'optimisation des installations de chauffage et de production d'ECS par de la récupération de chaleur interne et l'impact de celle-ci en terme de dimensionnement et de rendement annuel.
- Je vais insister sur l'élévation de température d'évaporation et sur quelques évolutions technologiques dont les PAC air-eau au CO2 qui permettent d'envisager idéalement ce type de récupération de chaleur.

[www.reseaudtc.be](http://www.reseaudtc.be)

réseaudtc  
experts en confort éco-thermique

2

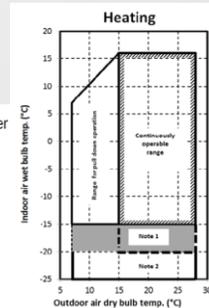
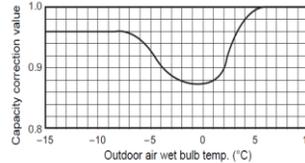
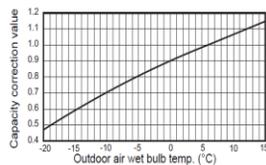
## La récupération de chaleur, quels objectifs?

- La récupération de chaleur...,  
beaucoup de solutions semblent intéressantes pour valoriser de la chaleur « gratuite » mais...
  - Quels sont les objectifs?
    - Economiques et/ou environnementaux?
    - Ne pas mettre en péril le fonctionnement, la fiabilité et la durée de vie des installations!
  - Quel gain réel sur la facture énergétique?
    - Consommations auxiliaires engendrées par les pertes de charge et de chaleur dans les échangeurs et la distribution.
    - Rendement réel de l'installation globale?
  - Il faut pouvoir amortir l'investissement...!

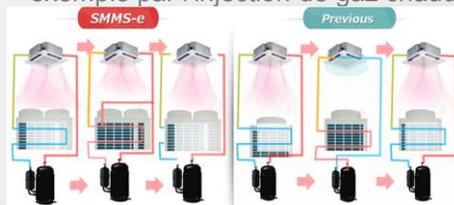
## Évolutions technologiques PAC DRV air/air

- Impact de la température extérieure et de l'humidité sur la puissance de chauffage des PAC aérothermiques:  
Confort et performances énergétiques

Outdoor air wet bulb temperature vs. capacity correction value Capacity correction in case of frost on the outdoor heat exchanger



- La récupération de chaleur est une solution pour éviter ces inconvénients!
- Certains fabricants ont amélioré les prestations hivernales
  - exemple par l'injection de gaz chaud dans l'évaporateur

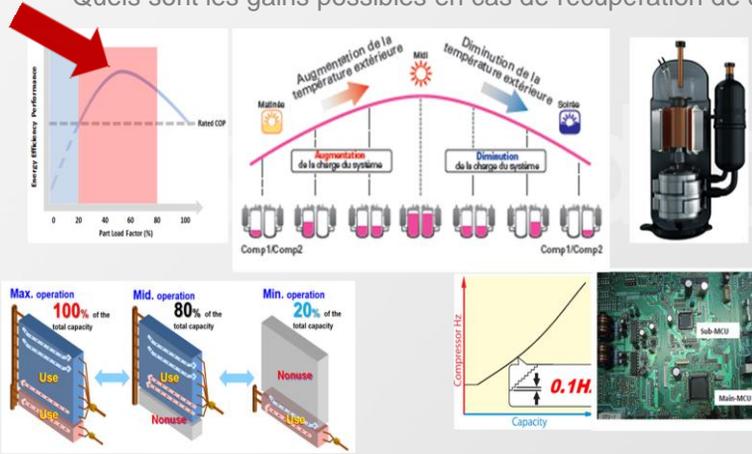


# Évolutions technologiques PAC DRV air/air

L'efficacité annuelle de ce type de PAC s'est grandement améliorée

- Grâce entre autre à l'optimisation de la modulation de puissance
- Les installations ne sont plus ON/OFF !

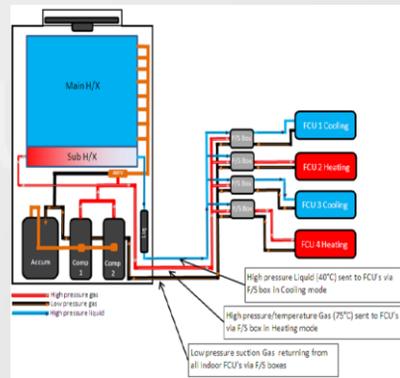
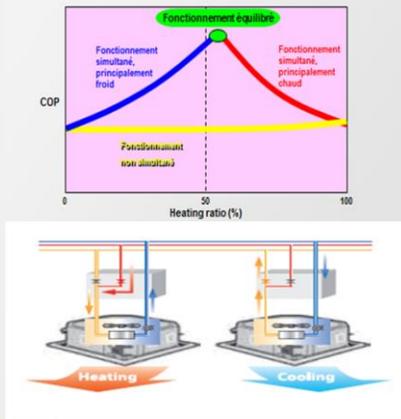
Quels sont les gains possibles en cas de récupération de chaleur?



# PAC DRV à récupération de chaleur

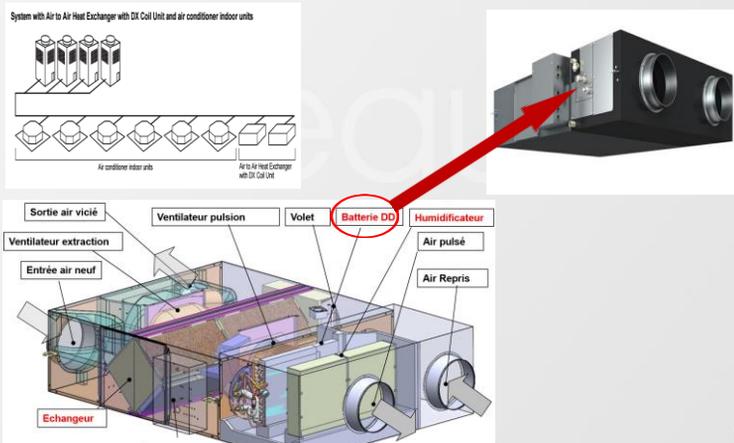
- PAC de type à « débit de réfrigérant variable chaud et froid simultanément »
  - Efficacité énergétique
  - Confort tout au long de l'année
  - Récupération aisée par le transfert de chaleur entre locaux.

EER & COP haute efficacité, COP en mode récupération de chaleur (image)



## Évolutions technologiques PAC DRV air/air

- Possibilité de récupérer par exemple la chaleur dégagée par le rafraîchissement de locaux, la climatisation d'armoires électriques ou d'une salle informatique pour alimenter une batterie chaude dans un GP ou pour chauffer des locaux en demande de chaleur!



www.reseaudtc.be

réseaudtc  
experts en confort éco-thermique

7

## 1. Application industrielle

- Récupération sur une installation d'air comprimé (MONNAIE S.A. à Strépy)
  - Le client a opté pour une PAC air-air réversible pour assurer le confort tout au long de l'année pour le chauffage et le rafraîchissement des bureaux basse énergie.
  - L'activité industrielle nécessite de l'air comprimé et la récupération de chaleur sur les compresseurs est utilisée uniquement pour le chauffage de l'ECS tout au long de l'année



www.reseaudtc.be

réseaudtc  
experts en confort éco-thermique

8

# 1. Application industrielle

- Pour valoriser cette chaleur disponible, les PAC air-air ont été placées dans le local technique des compresseurs
- Régulation via des registres sur l'air extrait pour optimiser les rendements des PAC en hiver et l'excédant est évacué dans les ateliers
- Avantages: amélioration du SPF et plus de dégivrages



www.reseau-dtc.be

réseau-dtc  
experts en confort éco-thermique

9

# 1. Application industrielle

- Impact de la température extérieure sur le dimensionnement en chauffage et les COP des PAC DRV air-air (exemple si besoins chauffage = 25KW)

Heating		Compressor + Outdoor Fan Power consumption (kW)																
Outdoor Unit Dry-Bulb (°C)	Outdoor Unit Wet-Bulb (°C)	Outdoor Unit 100% Heating Capacity (kW)	100% Capacity		90% Capacity		80% Capacity		70% Capacity		60% Capacity		50% Capacity		40% Capacity		30% Capacity	
			TC (kW)	PI (kW)	TC (kW)	PI (kW)	TC (kW)	PI (kW)	TC (kW)	PI (kW)	TC (kW)	PI (kW)	TC (kW)	PI (kW)	TC (kW)	PI (kW)	TC (kW)	PI (kW)
15.0	13.7	25.0	25.0	4.48	22.5	3.71	20.0	3.07	17.5	2.55	15.0	2.12	12.5	1.75	10.0	1.43	7.50	1.12
13.0	11.8	25.0	25.0	4.69	22.5	3.87	20.0	3.19	17.5	2.63	15.0	2.18	12.5	1.79	10.0	1.46	7.50	1.14
11.0	9.8	25.0	25.0	4.95	22.5	4.06	20.0	3.32	17.5	2.73	15.0	2.24	12.5	1.84	10.0	1.49	7.50	1.17
9.0	7.9	25.0	25.0	5.22	22.5	4.25	20.0	3.47	17.5	2.83	15.0	2.31	12.5	1.89	10.0	1.52	7.50	1.19
7.0	6.0	25.0	25.0	5.53	22.5	4.48	20.0	3.62	17.5	2.94	15.0	2.39	12.5	1.94	10.0	1.56	7.50	1.21
5.0	4.1	24.3	24.3	5.51	21.8	4.46	19.4	3.61	17.0	2.93	14.6	2.38	12.1	1.93	9.7	1.55	7.28	1.21
3.0	2.2	23.5	23.5	5.50	21.2	4.45	18.8	3.60	16.5	2.92	14.1	2.37	11.8	1.93	9.4	1.55	7.06	1.21
0.0	-0.7	22.4	22.4	5.47	20.2	4.43	17.9	3.59	15.7	2.91	13.5	2.36	11.2	1.92	9.0	1.54	6.73	1.20
-3.0	-3.7	21.3	21.3	5.44	19.1	4.41	17.0	3.57	14.9	2.89	12.8	2.35	10.6	1.91	8.5	1.54	6.38	1.20
-5.0	-5.6	20.5	20.5	5.43	18.5	4.39	16.4	3.56	14.4	2.89	12.3	2.34	10.3	1.90	8.2	1.53	6.16	1.19
-7.0	-7.6	19.8	19.8	5.41	17.8	4.38	15.8	3.55	13.8	2.88	11.9	2.34	9.9	1.90	7.9	1.53	5.93	1.19
-10	-10.5	18.7	18.7	5.38	16.8	4.36	14.9	3.53	13.1	2.86	11.2	2.33	9.3	1.89	7.5	1.52	5.60	1.18
-14.5	-15.0	16.9	16.9	5.34	15.2	4.33	13.5	3.50	11.8	2.84	10.2	2.31	8.5	1.87	6.8	1.51	5.08	1.17

TC : Total Capacity PI : Power Input  
Indoor air temperature conditions : 20.0°C dry-bulb

COP=5,58

PAC de puissance nominale 25KW si t° local = 15°C min  
Grâce à la récupération sur les compresseurs d'air comprimé

réseau-dtc  
experts en confort éco-thermique

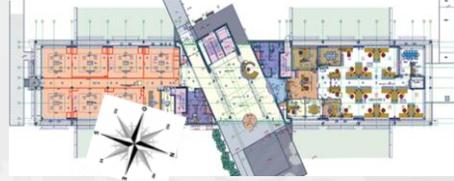
www.reseau-dtc.be

10

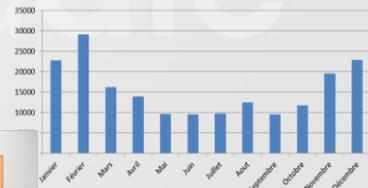


### 3.Application bâtiment de bureaux A

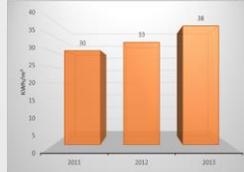
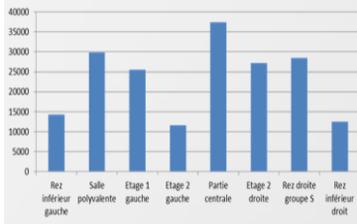
- Espace Wallonie Picarde à Kain: 4500m<sup>2</sup> nombreux propriétaires et locataires
- Comptabilité énergétique, chacun « mérite » sa facture énergétique
- DRV à récupération de chaleur
- Le confort est assuré!



Profil des consommations mensuelles 2012



Différence de consommation entre étages



réseau dtc  
experts en confort éco-thermique

www.reseaudtc.be

1.3

### 3.Application bâtiment de bureaux A

- Transfert de la chaleur provenant de la verrière en hiver et entre saisons pour chauffer le rez de chaussée et éviter le tampon de chaleur au 2ème étage



réseau dtc  
experts en confort éco-thermique

www.reseaudtc.be

1.4

### 3.Application bâtiment de bureaux B

- COFIDIS Belgique:14000m<sup>2</sup> avec 36 PAC + 225 UI et 38 GP (faux-plafond)
- Récupération de chaleur possible dans les zones avec fortes occupations
- Groupes avec et sans récupération suivant les zones

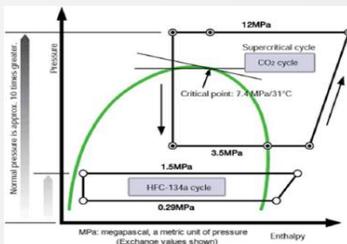


www.reseaudtc.be

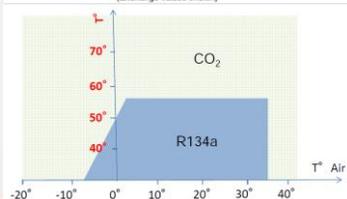
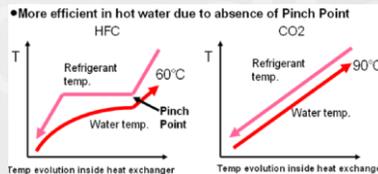
1.5

### Evolutions technologiques PAC au CO<sub>2</sub>

- Pourquoi le CO<sub>2</sub>?
  - Pour l'environnement (EWP=1, non toxique, non inflammable)
  - Pour ses propriétés thermodynamiques pour produire de l'ECS
  - Compacité des échangeurs et température élevée d'eau
  - Rapidité de montée à température (150 L de 10 à 65°C en 2,5h)
  - Garantie de bonnes prestations dans une large plage de température sans appoint



COP élevé (jusqu'à 35% > R134a) pour un taux de compression inférieur



**ATOUT ENVIRONNEMENT**

Comparatif de l'effet de différents réfrigérants sur le réchauffement climatique (calculé en fonction du GWP d'un volume)

Fluide	Echelle GWP
R134-A	1430
R410-A	2100
R407-C	1800
R744 (CO <sub>2</sub> )	1

www.reseaudtc.be

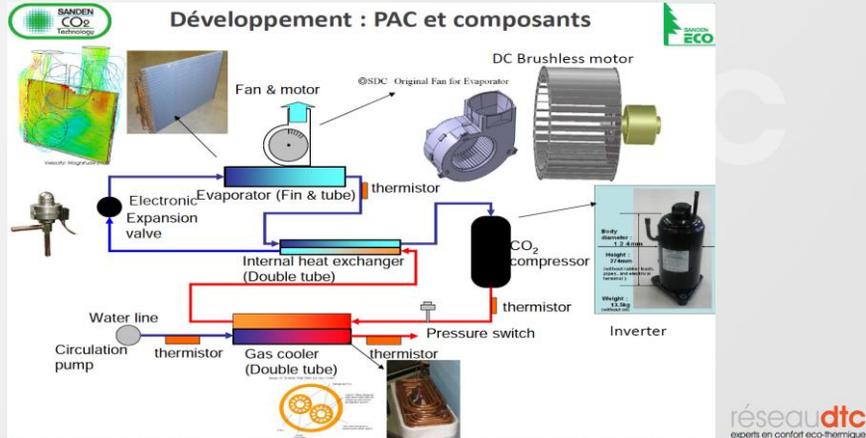
1.6

réseaudtc  
experts en confort éco-thermique

## Evolutions technologiques PAC au CO<sub>2</sub>

- Une technologie maîtrisée grâce aux modulations des débits air+eau+CO<sub>2</sub>
- Puissance quasi constante de -15°C à +43°C

➔ Opportunités réelles de récupération de chaleur sur l'évaporateur!!!



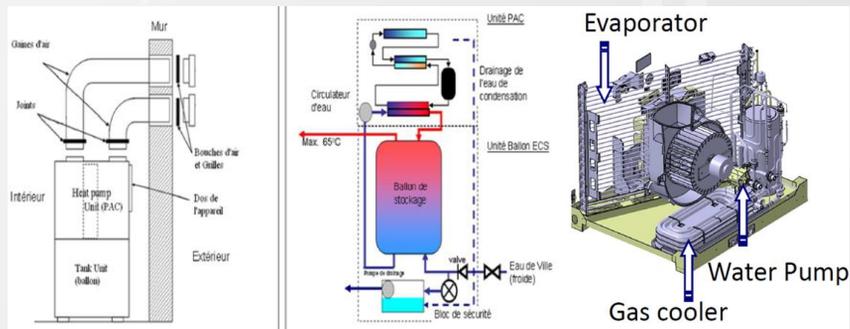
[www.reseaudtc.be](http://www.reseaudtc.be)

1.7

## Evolutions technologiques PAC au CO<sub>2</sub>

- Un Concept innovant:
  - ▶ Placement intérieur, prise d'air et rejet d'air vers l'extérieur
  - ▶ Distance PAC / BALLON ECS jusqu'à 12 mètres

➔ récupération de chaleur aisée (locaux techniques)



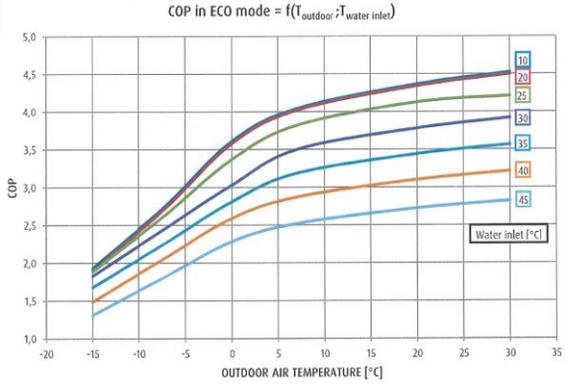
[www.reseaudtc.be](http://www.reseaudtc.be)

1.8

## Evolutions technologiques PAC au CO<sub>2</sub>

- Par la récupération de chaleur et donc une t° d'évaporation élevée, on **améliore** considérablement les COP

ECO MODE (standard)	Coefficient of Performance (COP) heating capacity / power consumption [kW]					
	Outdoor air temperature [°C]					
	-15	-7	0	7	20	30
Water outlet: 65°C						
10	1.91	2.77	3.61	4.04	4.36	4.51
20	1.90	2.74	3.58	4.02	4.34	4.50
25	1.89	2.65	3.37	3.82	4.13	4.21
30	1.83	2.47	3.03	3.50	3.78	3.92
35	1.68	2.28	2.81	3.19	3.44	3.57
40	1.49	2.08	2.59	2.87	3.10	3.21
45	1.31	1.83	2.28	2.52	2.72	2.82



## 4. Application hôtelière

Attention aux pertes sur boucle d'eau !!!!

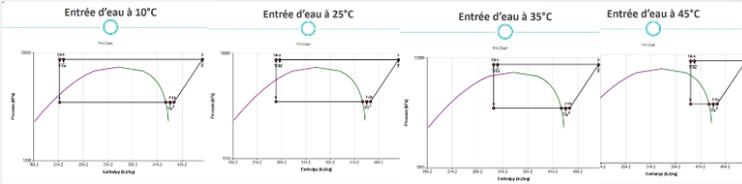
**Scénario d'économie sur facture énergétique Hotel appartements 18 chambres**

	avec boucle	sans boucle	
Moyenne de KWh/ chambre occupée	15,9	6,8	
Moyenne de Litres / chambre occupée	94,8	91,3	
Consommation journalière pour 14 chambres en moy. (KWh/jour)	222,6	95,2	
conso KWh/an avec ballons électriques (350 jours)	77910,0	33320	
facture ballons électriques (0,20€ / KWh)	15.582 €	6.664 €	<b>impact de la boucle/ballons elect 8.918 €</b>
conso KWh/an avec PAC (COP saisonnier =3,2)	24346,9	10412,5	
facture avec PAC au CO2 Sanden	4.869 €	2.083 €	<b>impact de la boucle avec PAC CO2 2.787 €</b>
<b>économie totale sans boucle + PAC</b>		<b>13.500 €</b>	

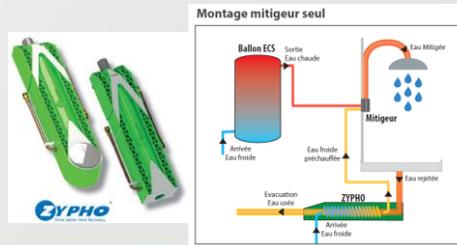
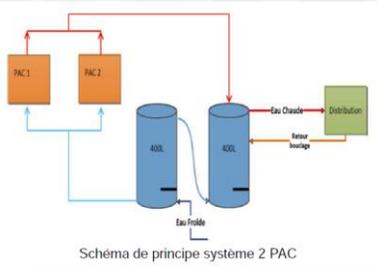
Meilleur ROI avec récupération de la chaleur du local lingerie!

## Précautions à prendre avec le CO<sub>2</sub>

- PAC au CO<sub>2</sub>= il est indispensable d'alimenter la PAC avec de l'eau froide!



- Il faut veiller à satisfaire les besoins de puisage = bon dimensionnement
- Puissance PAC + Volume de stockage
- Attention aux boucles d'eau et à la récupération sur l'eau grise



www.reseaudtc.be

21

## Précautions à prendre avec le CO<sub>2</sub>

	A	B	C	D	E	F	G	H
1								
2		1			Soutirage	1000		Litres
3		0,75	(0/hauf) et 10bas)		Fonctionnement	16,5		Hajour
4		300			Fonctionnement	16,5		Hajour
5								
6								
7								
8	Heure	Timin	Tirage	ractionneme	Condition	Volume		
9	Soutirage		Litres	DN	dégivrage	Ballon		
10	0h-10:30	0	0	0	0-7°C	0-7°C	300	300
11	0h-9:30	0,5	0	0	0	0	300	300
12	9h-9:30	1	0	0	0	0	300	300
13	9:30-10h	1,5	0	0	0	0	300	300
14	10h-10:30	2	0	0	0	0	300	300
15	10:30-11h	2,5	0	0	0	0	300	300
16	11h-11:30	3	0	0	0	0	300	300
17	11:30-12h	3,5	0	0	0	0	300	300
18	12h-12:30	4	0	0	0	0	300	300
19	12:30-13h	4,5	0	0	0	0	300	300
20	13h-13:30	5	0	0	0	0	300	300
21	13:30-14h	5,5	0	0	0	0	300	300
22	14h-14:30	6	0	0	0	0	300	300
23	14:30-15h	6,5	0	0	0	0	300	300
24	15h-15:30	7	0	0	0	0	200	200
25	15:30-16h	7,5	100	1	0	0	150	150
26	16h-16:30	8	100	1	0	0	160	160
27	16:30-17h	8,5	100	1	0	0	190	190
28	17h-17:30	9	100	1	0	0	220	220
29	17:30-18h	9,5	100	1	0	0	250	250
30	18h-18:30	10	100	1	1	0	260	260
31	18:30-19h	10,5	100	1	0	0	250	250
32	19h-19:30	11	100	1	0	0	300	300
33	19:30-20h	11,5	100	1	0	0	300	300
34	20h-20:30	12	50	1	0	0	250	250
35	20:30-21h	12,5	50	1	0	0	200	200
36	21h-21:30	13	50	1	0	0	180	180
37	21:30-22h	13,5	50	1	0	0	160	160
38	22h-22:30	14	50	1	0	0	140	140
39	22:30-23h	14,5	50	1	0	0	120	120
40	23h-23:30	15	50	1	0	0	150	150
41	0h-1h	15,5	50	1	1	0	160	160
42	1h-2h	16	50	1	0	0	190	190
43	2h-3h	16,5	50	1	0	0	220	240
44	3h-4h	17	50	1	0	0	250	270
45	4h-5h	17,5	50	1	0	0	280	300
46	5h-6h	18	50	1	0	0	300	300
47	6h-7h	18,5	50	1	0	0	250	250
48	7h-8h	19	50	1	0	0	200	200
49	8h-9h	19,5	50	1	0	0	180	180
50	9h-10h	20	50	1	0	0	160	160
51	10h-11h	20,5	50	1	0	0	140	140
52	11h-12h	21	50	1	0	0	120	120
53	12h-13h	21,5	50	1	0	0	150	150
54	13h-14h	22	50	1	1	0	160	180
55	14h-15h	22,5	100	1	0	0	190	210
56	15h-16h	23	100	1	0	0	120	140
57	16h-17h	23,5	100	1	0	0	50	70

www.reseaudtc.be

22

- Simulation des besoins de puisage sur 48h00 pour valider le Volume du ballon de stockage
- Exemple 1000 litres de soutirage /24h00
  - 1 PAC CO<sub>2</sub> de 4,5KW
  - 1 Ballon de 300 Litres

réseaudtc  
experts en confort eco-thermique

## Précautions à prendre avec le CO<sub>2</sub>

- Volume disponible, durée de fonctionnement et cycles de dégivrages.



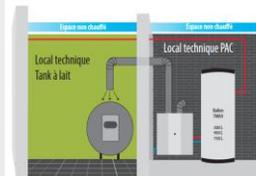
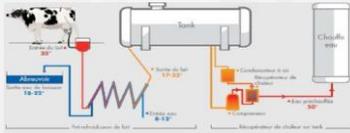
## 5.PAC CO<sub>2</sub> Application Agro-alimentaire

- Production d'ECS de la pâtisserie industrielle LA BRIOCHE DOREE:
  - nettoyage locaux et matériel
- Emplacement judicieux de la PAC dans la salle de cuisson pour améliorer le rendement: COP = 4,5 dans une ambiance à +30°C
- Ballon ECS 450 Litres, puisage XXL, temps de mise à t° de 10-65°C = 8h53



## 6. Application élevage laitier

- Alternative à la récupération de chaleur sur refroidisseur tank à lait:
  - Avantages:
    - pas de dépendance sur la quantité de lait à refroidir
    - Remise à température rapide du ballon
    - Rendements identiques voir supérieurs
    - Permutation judicieuse du raccordement aéraulique sur la PAC
      - Récupérer la chaleur du groupe refroidisseur du tank en hiver
      - Evacuer l'air frais sur le groupe refroidisseur du tank en été



Horaire (h)	Usage concerné	Modalités
7	Hygiène de la traite	Soutirage en 1 fois – durée en fonction de la pression réseau
9	Lavage Machine à traire	Soutirage en 2 fois espacée de 7 minutes – durée en fonction de la pression réseau
9,5	Buvée des veaux	Soutirage en 1 fois – durée en fonction de la pression réseau
11	Lavage du tank	Soutirage en 2 fois espacée de 7 minutes – durée en fonction de la pression réseau
17	Hygiène de la traite	Soutirage en 1 fois – durée en fonction de la pression réseau
19	Lavage Machine à traire	Soutirage en 2 fois espacée de 7 minutes – durée en fonction de la pression réseau
Total journée		

## 6. Application élevage laitier



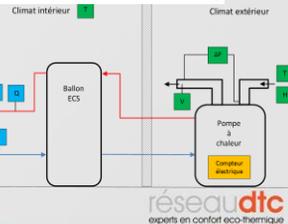
Tableau récapitulatif :  
Evaluation expérimentale des performances énergétiques d'un chauffe-eau thermodynamique au CO2 en élevage laitier

rendements élevés

Volume ballon	Température (°C)		Volume total soutirages (Litres)	Température minimum de fin de soutirage (°C)	COP
	Extérieur	Intérieur			
300 Litres Petite traite	7	20	277	62,2	2,9
	7	20	326	60,9	3,0
	15	15	276	62,5	3,4
	15	15	327	60,1	3,5
450 Litres Moyenne traite	7	20	465	61,0	3,4
	7	20	587	58,7	3,2
	15	15	465	61,5	3,9
	15	15	584	59,0	4,1
750 Litres Grande traite	7	20	688	60,5	3,2
	7	20	868	38,3	3,5
	15	15	686	60,0	3,4
	15	15	870	61,6	4,2

Inspiré de la norme NF EN 16147 : Pompes à chaleur avec compresseur entraîné par moteur électrique - Essais et exigences pour le marquage des appareils pour eau chaude sanitaire

- Essais longs (48 à 72 h minimum)
- Prise en compte de l'énergie de maintien en T°
- 2 climats (15 °C et 7 °C)



## 7. Application centre de bien-être

- Valoriser la chaleur de la salle des machines piscines pour chauffer



Centre OCTAVIE à Mont Saint Aubert



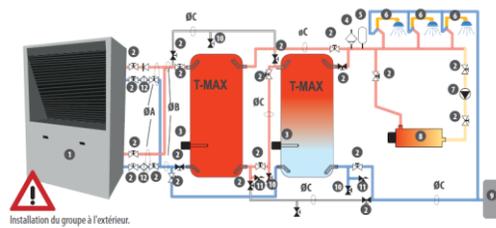
réseaudtc  
experts en confort éco-thermique

www.reseaudtc.be

27

## 8. PAC CO<sub>2</sub> pour applications industrielles

- Rapidité de mise à température (réglable de 55° à 75°c)
- Fonctionnement de -20°c à +40°c
- COP élevés



	Tmax 450	Tmax 750	Tmax 1500 ou 2 x 750	Tmax 1500 + 750 ou 3 x 750	Tmax 1500 + 1500	Production	COP
Température de référence	<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="width: 100px; height: 15px; background-color: red; margin-right: 5px;"></div> <div style="border: 1px solid red; border-radius: 50%; padding: 2px 5px; color: red; font-weight: bold;">10/65°C à 7°C/-7°C</div> </div>					10 à 65°C à +7°C	3,9
Temps de montée en température	1h57 / 2h58	3h15 / 4h58	6h31 / 9h55	-	-	230 L/h	3,9
	<b>AIR-HEAT Taille 18</b>						
	<b>AIR-HEAT Taille 24</b>					360 L/h	3,98
Temps de montée en température	-	2h04 / 3h09	4h09 / 6h19	6h15 / 9h29	8h19 / 12h39	680 L/h	4,04
	<b>AIR-HEAT Taille 48</b>						
Temps de montée en température	-	-	2h12 / 3h20	3h18 / 5h02	4h24 / 6h41		

www.reseaudtc.be

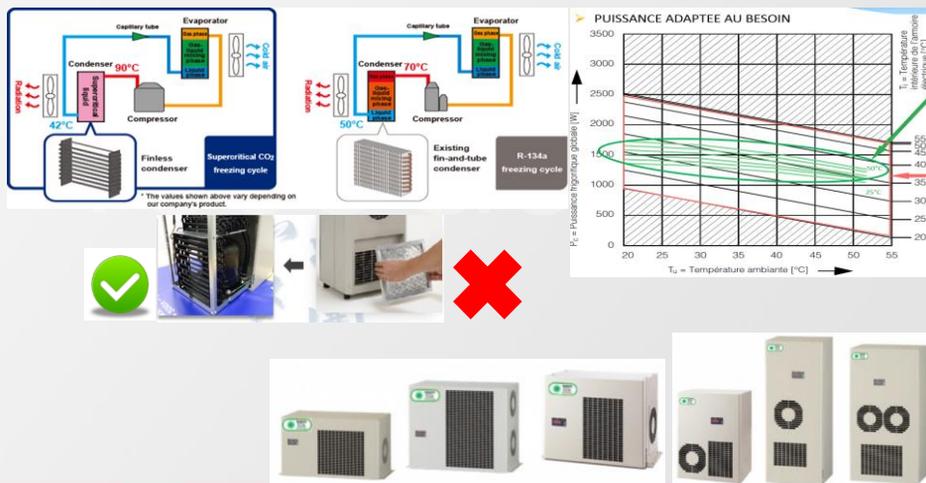
28

## Conclusions

- La récupération de chaleur permet :
  - D'optimiser la puissance et le dimensionnement de l'installation
  - D'éviter les dégivrages
  - D'accélérer la mise à température d'un ballon ECS
  - D'améliorer le rendement annuel
- La récupération sur l'air ambiant est facile à mettre en œuvre.
- Les PAC au CO<sub>2</sub> permettent de réelles opportunités pour produire efficacement de l'ECS
  - Concept permettant de travailler dans des ambiances « industrielles » et donc de bénéficier et valoriser la récupération de chaleur gratuite provenant de l'activité

## 10. Application industrielle CO<sub>2</sub>:climatisation

- Climatiseurs au CO<sub>2</sub> pour armoires électriques
- Fonctionnement et performance dans des ambiances « industrielles »
- Pas besoin de filtres, peu de maintenance



## Questions/réponses

- Je suis à votre disposition pour vos questions...

réseaudtc

Etienne de Montigny

edm@dtc.be

www.reseau-dtc.com