

Séminaire Bâtiment Durable



POMPES À CHALEUR OPPORTUNITÉS & CONTRAINTES EN MILIEU URBAIN

La pompe à chaleur aérothermique
Qualité et points d'attention

17 novembre 2023

Daniel Peduzzi
Trane Belgium





PRÉSENTATION DE L'ORATEUR

Daniel Peduzzi est Technical Support Engineer chez Trane Belgium. Il est actif depuis 30 ans dans le domaine de l'HVAC. Il conseille les professionnels sur les choix de matériel HVAC et accompagne pour leur utilisation adaptée. Il suit les équipes techniques internes et les intervenants extérieurs dans les opérations de maintenance, de travaux et d'installation. Il travaille sur la mise en place de supervisions des installations frigorifiques combinant maintenance et suivi énergétique.

Pour plus d'informations : <https://www.tranebelgium.com/fr/>

Cette conférence vous permettra tout d'abord de comprendre le fonctionnement des pompes à chaleur air-eau. Les différentes possibilités techniques (quant à la source, l'utilisation en confort, l'utilisation en production eau chaude sanitaire et piscines) et les limites de fonctionnement de ce type d'installations seront également passées en revue. L'importance du bon dimensionnement de la pompe à chaleur et comment le déterminer vous seront ensuite expliqués. Pour finir, des exemples pratiques vous seront présentés.



OBJECTIFS DE LA PRÉSENTATION

- Découvrir le fonctionnement des pompes à chaleur air-eau
- Prendre conscience des possibilités techniques et limites des PAC air-eau
- Démontrer l'importance du dimensionnement, de l'hydraulique et
- Explorer les possibilités pour optimiser l'utilisation des PAC air-eau



PLAN DE L'EXPOSÉ

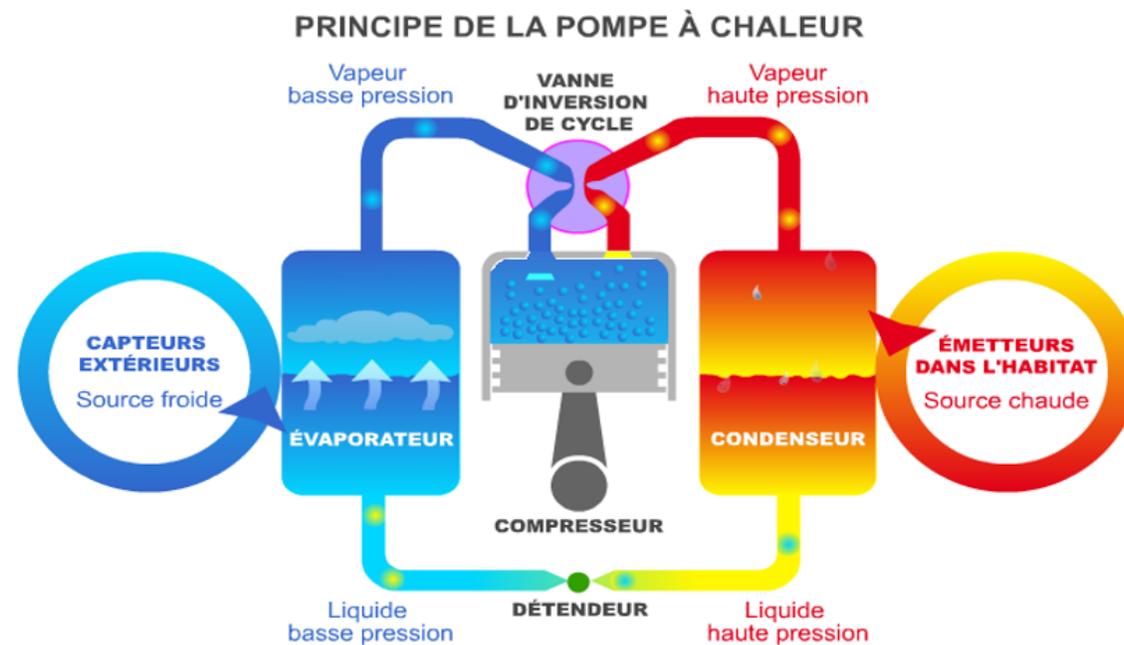
- I. Le fonctionnement des pompes à chaleur air-eau
- II. Possibilités techniques des PAC air-eau
- III. L'importance d'un bon dimensionnement
- IV. Des exemples pratiques



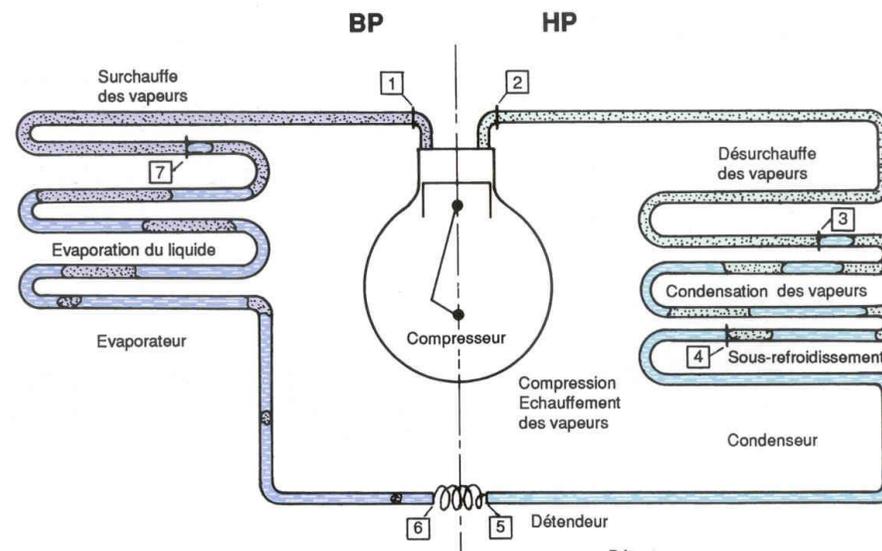
I. LE FONCTIONNEMENT DES POMPES À CHALEUR AIR-EAU

I. La source et les émetteurs (utilisation) en confort

Source
Air
Convection



Emetteurs
Diffuseurs
Intermédiaire:
circuit hydraulique



convection
et/ou
rayonnement



I. LE FONCTIONNEMENT DES POMPES À CHALEUR AIR-EAU

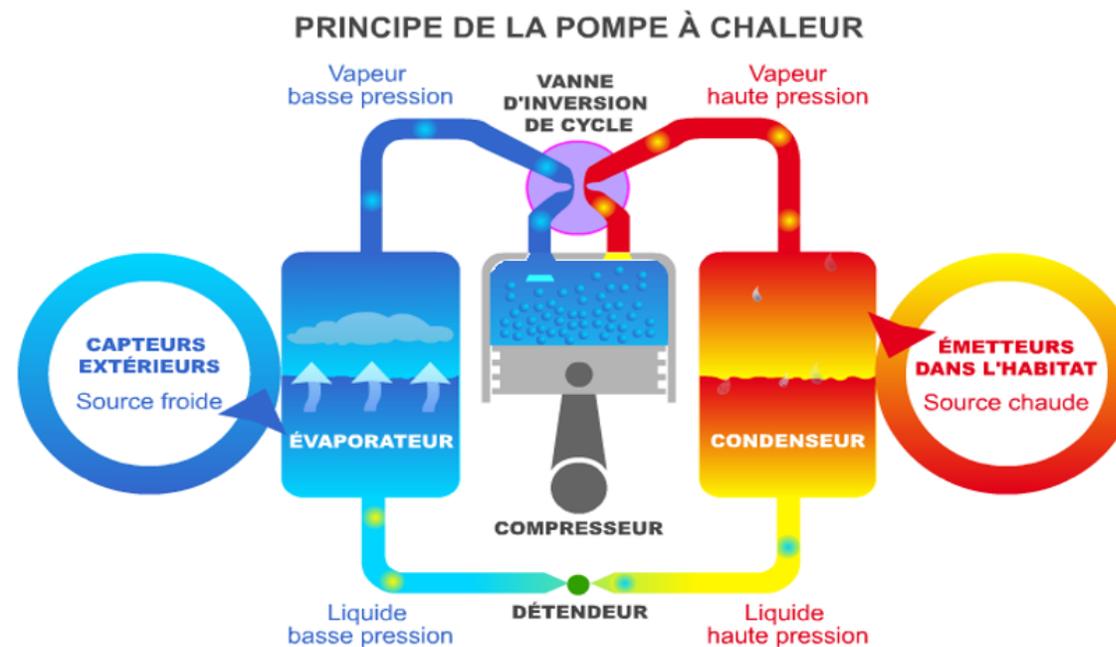
II. La source et les émetteurs (utilisation) en ECS

**Eau chaude sanitaire
ou piscine**

**Intermédiaire:
circuit hydraulique**

**Conduction et
convection**

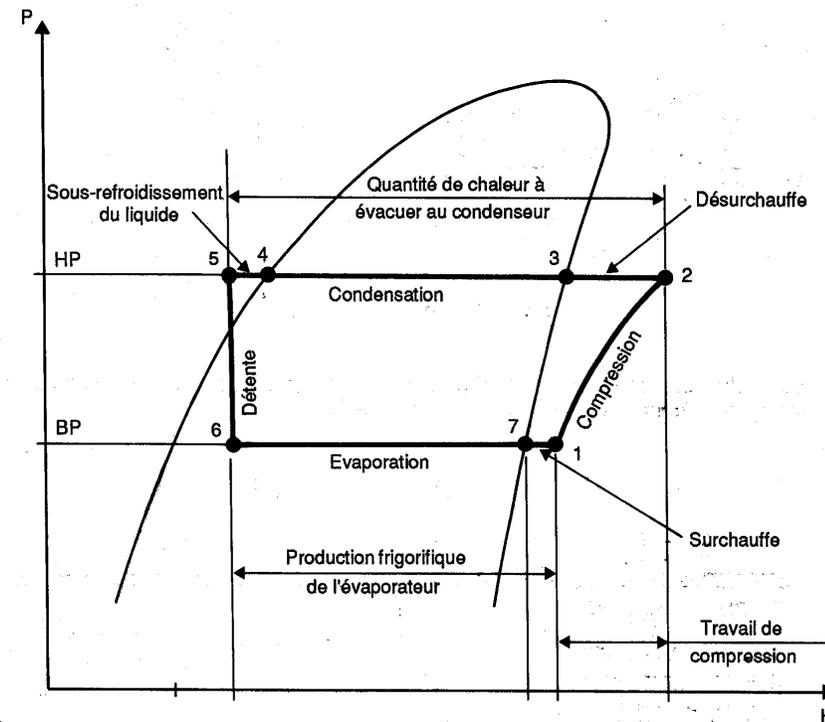
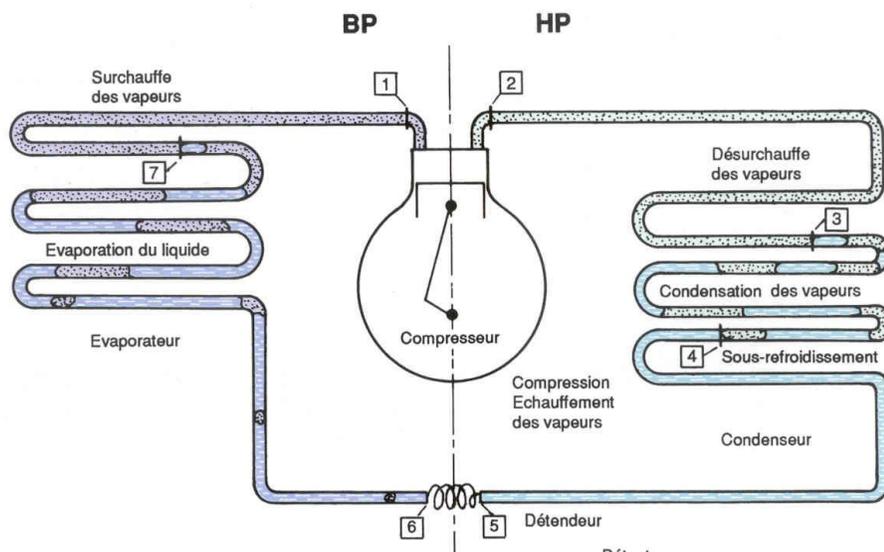
Source
Air
Convection





I. LE FONCTIONNEMENT DES POMPES À CHALEUR AIR-EAU

III. Les éléments du cycle frigorifique



Les fonctions principales du circuit frigorifique :

- Récupération de chaleur à l'évaporateur (extérieur)
- Compression
- Diffusion de la chaleur au condenseur (Intérieur)
- Détente



I. LE FONCTIONNEMENT DES POMPES À CHALEUR AIR-EAU

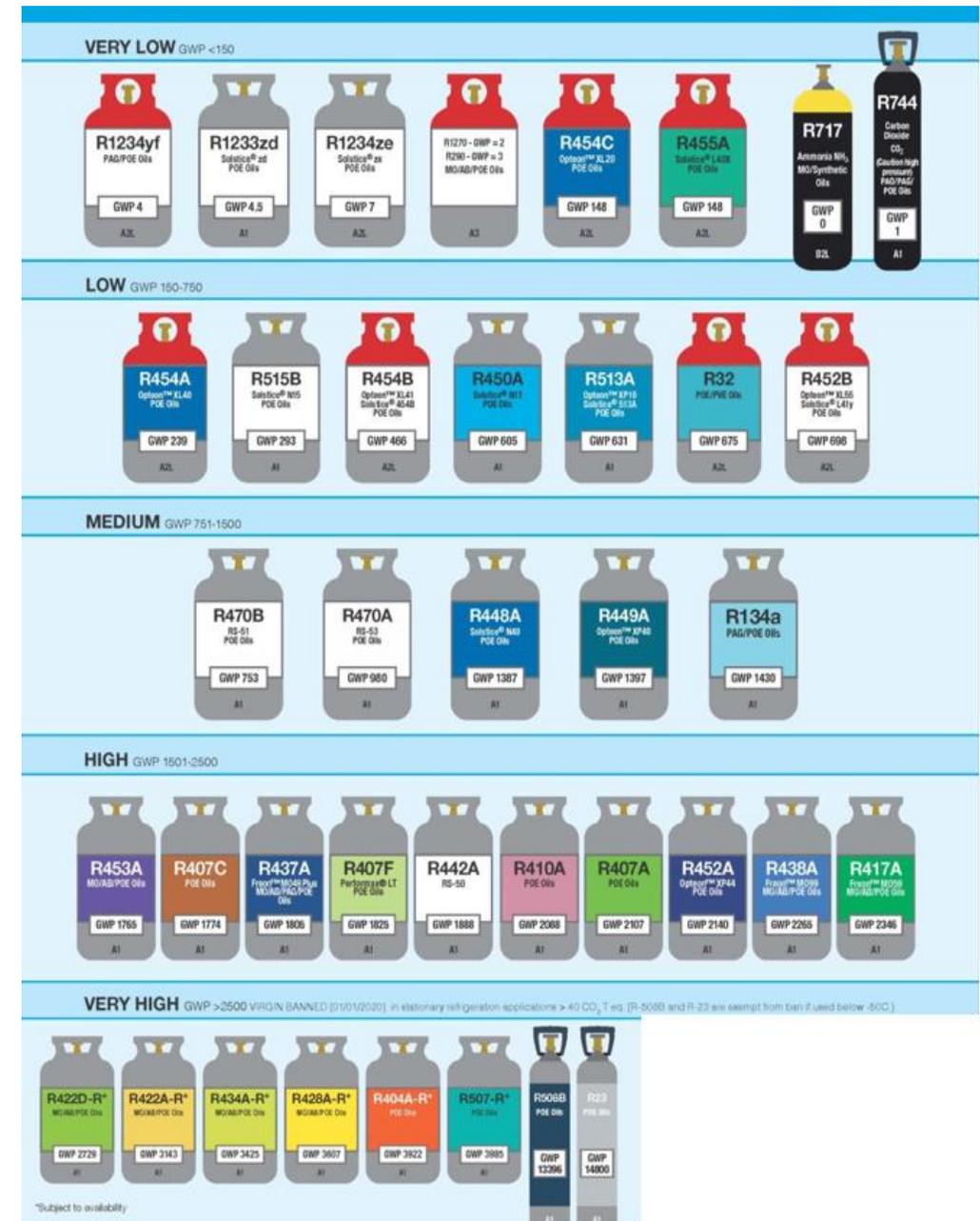
III. Les éléments du cycle frigorifique

Les réfrigérants

Choix et évolutions basés sur:

- les possibilités de rendements élevés
- les conséquences environnementales

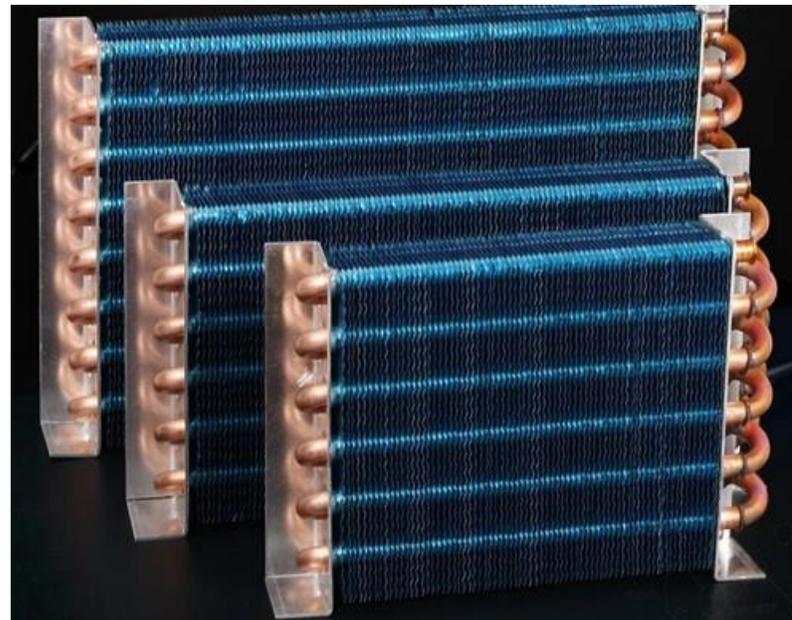
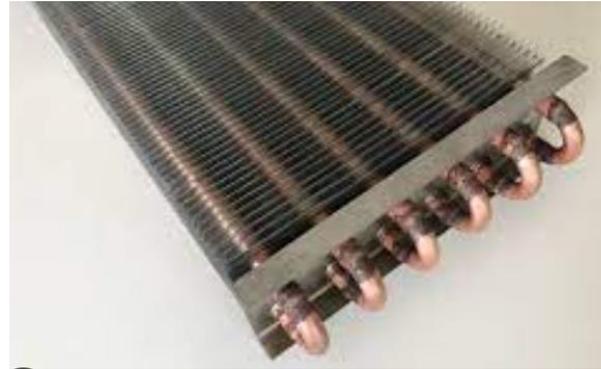
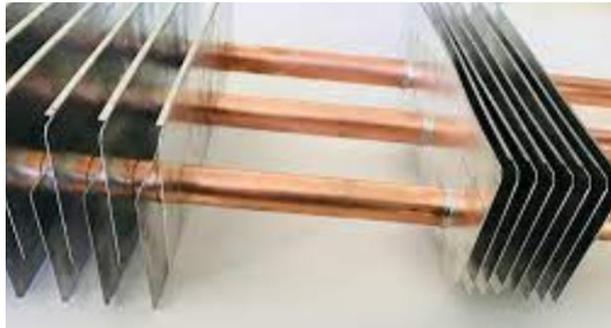
La recherche évolue et il y a de plus en plus de réfrigérants à bas GWP (Global Warming Potential) dont certains sont classé A2L (légèrement inflammables à inflammables)





I. LE FONCTIONNEMENT DES POMPES À CHALEUR AIR-EAU

III. Les éléments du cycle frigorifique



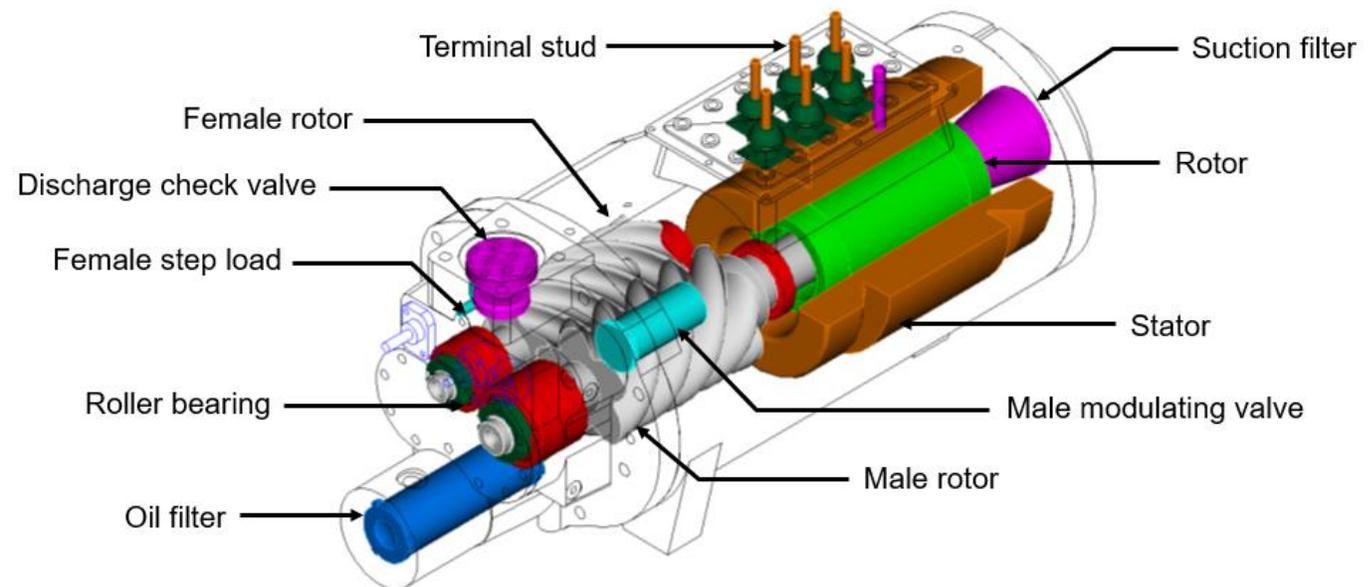
- Récupération de chaleur à l'évaporateur (extérieur):
batteries cuivre-alu (option recouvrement hydrophile)



I. LE FONCTIONNEMENT DES POMPES À CHALEUR AIR-EAU

III. Les éléments du cycle frigorifique

- Compression :
compresseurs, à vis ou encore rotatifs et à pistons



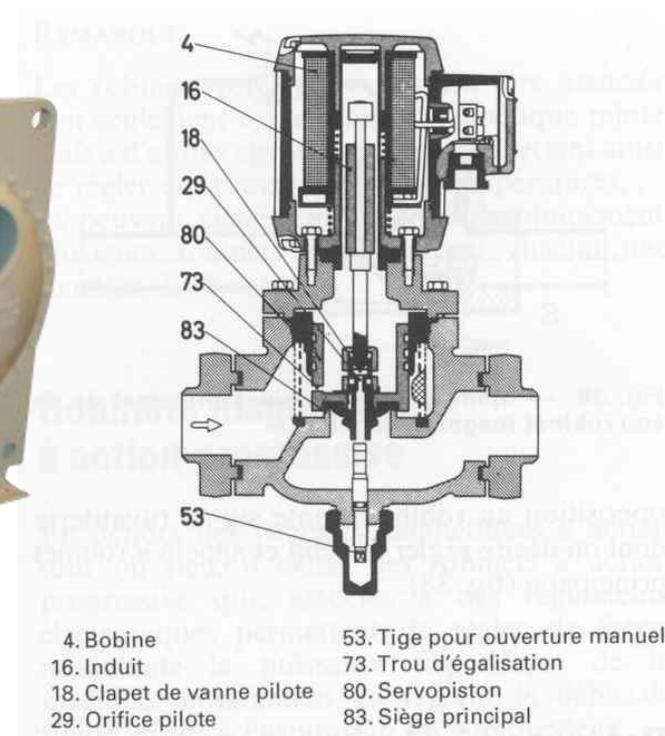
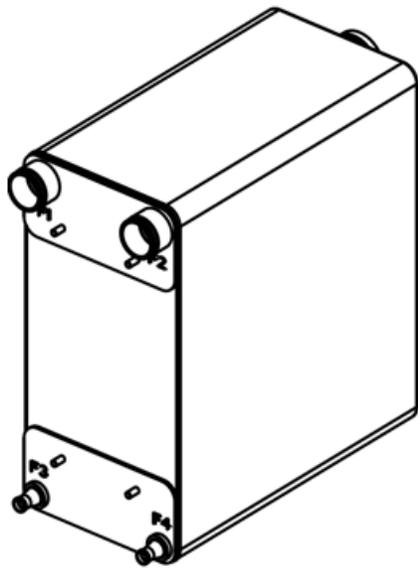
scroll



I. LE FONCTIONNEMENT DES POMPES À CHALEUR AIR-EAU

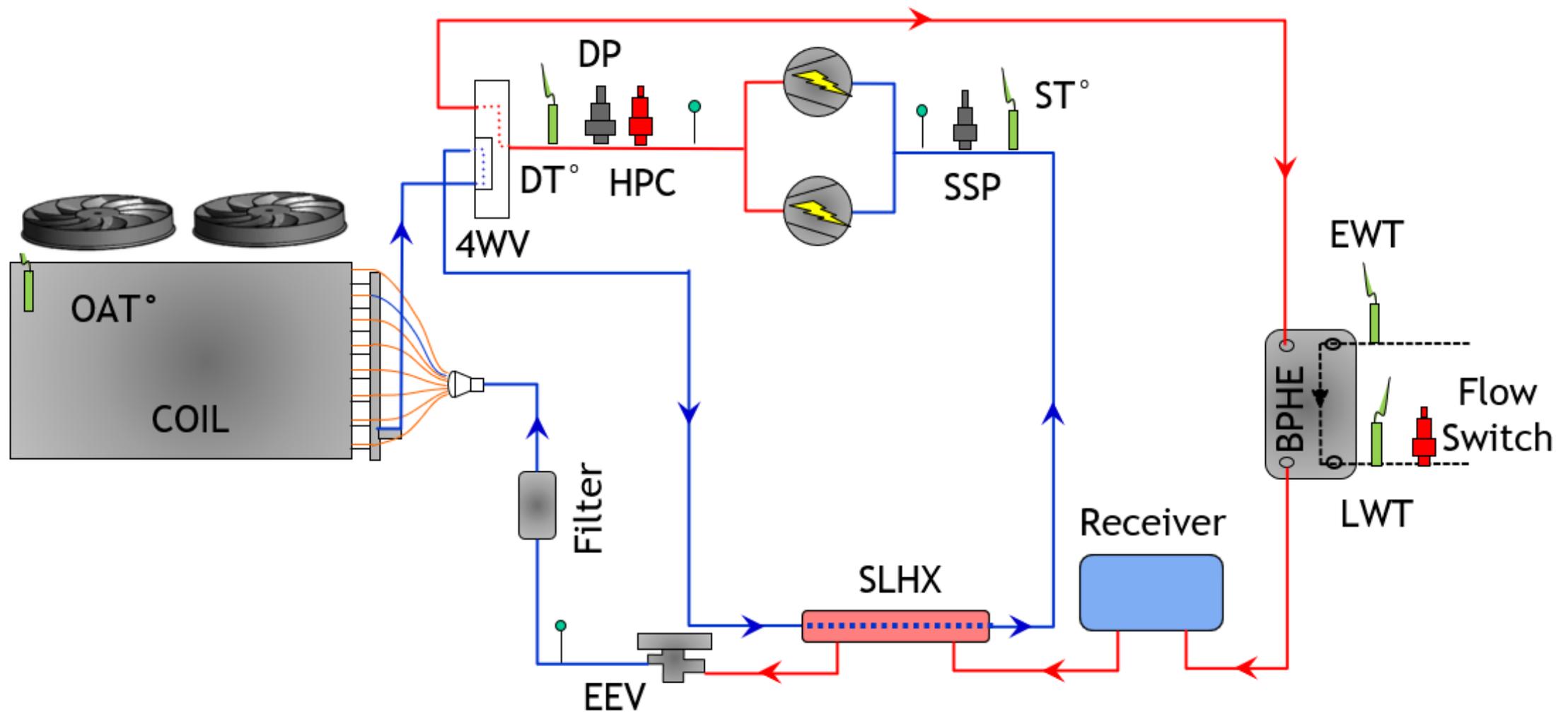
III. Les éléments du cycle frigorifique

- Diffusion de la chaleur au condenseur (Intérieur)
- Détente



I. LE FONCTIONNEMENT DES POMPES À CHALEUR AIR-EAU

III. Les éléments du cycle frigorifique



	Service Valve		Heater		Pressure sensor		HPC & Flow Switch		Temp. sensor		Schrader		Pressure sensor
--	---------------	--	--------	--	-----------------	--	-------------------	--	--------------	--	----------	--	-----------------



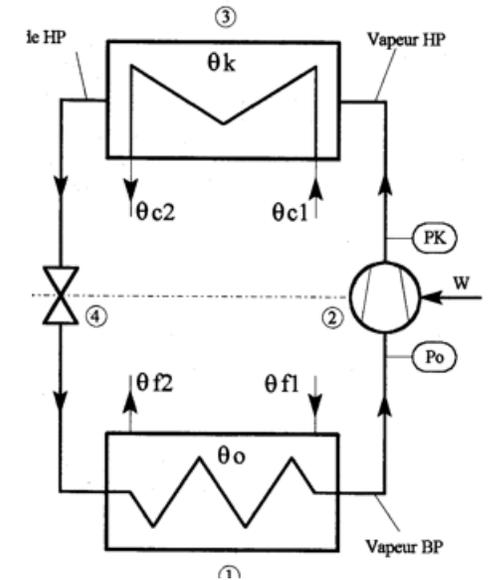
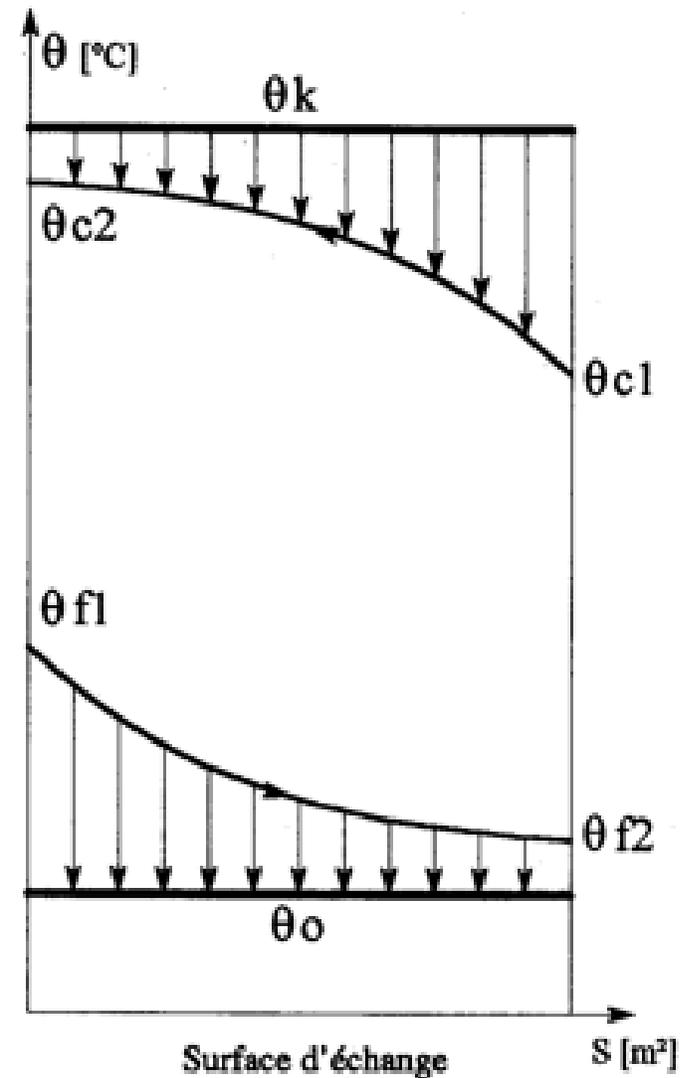
I. LE FONCTIONNEMENT DES POMPES À CHALEUR AIR-EAU

IV. Le circuit hydraulique

Les températures et pressions du réfrigérant sont dépendantes des températures des fluides de chaque côté des échangeurs

Température d'évaporation (eau sortante)

Température de condensation (eau entrante)





I. LE FONCTIONNEMENT DES POMPES À CHALEUR AIR-EAU

IV. Le circuit hydraulique

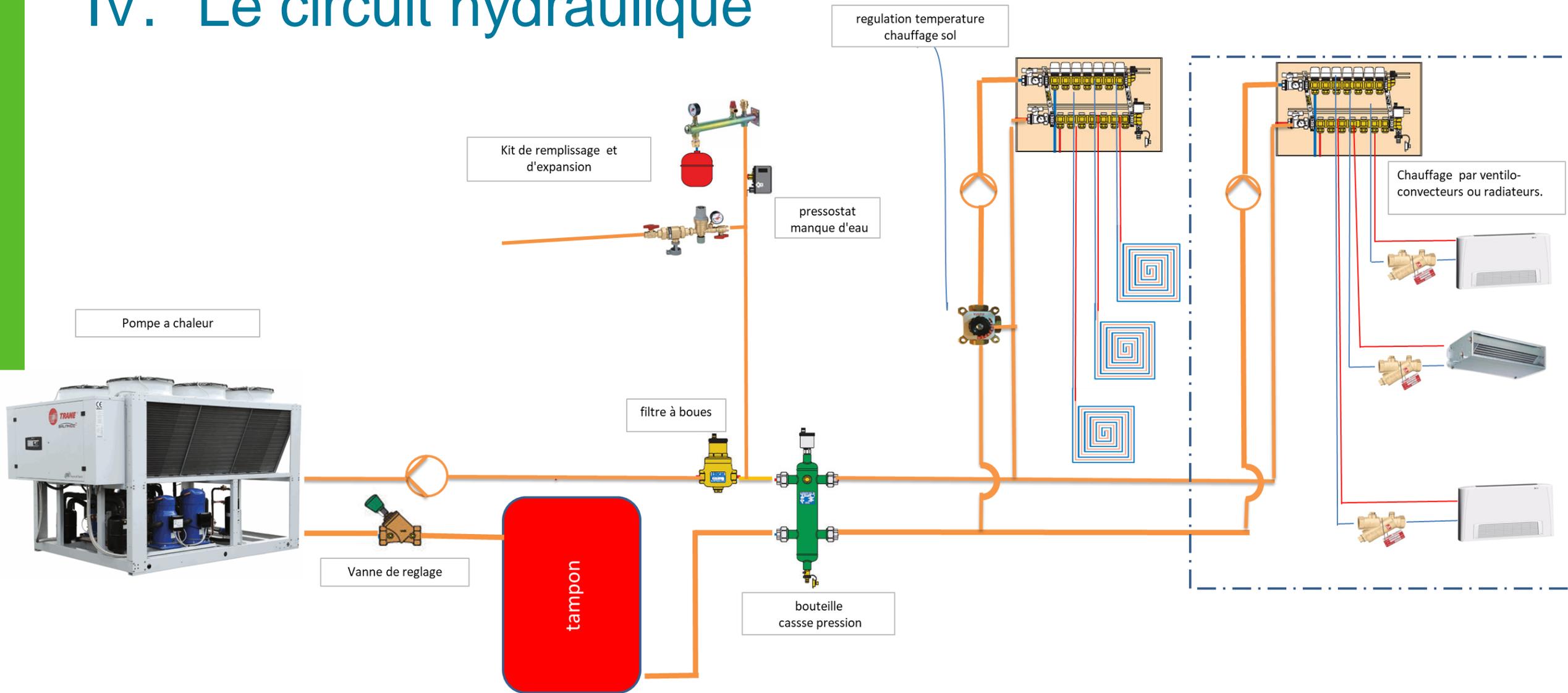
Comparaison avec un circuit de chauffage central

- Une chaudière produit de l'eau en moyenne en régime 90/70 °C voir 60/40 $DT = 20\text{ °C}$
- La pompe à chaleur fonctionne en régime $DT=5\text{ °C}$ pour optimiser les échangeurs et a donc besoin d'un débit d'eau **4 fois** plus élevé que la chaudière.
- Les pertes de charges sont donc beaucoup plus importantes
- Pour la même puissance, impossibilité de mettre une PAC **en direct** sur installation existante : oui avec adaptation circuit primaire et secondaire



I. LE FONCTIONNEMENT DES POMPES À CHALEUR AIR-EAU

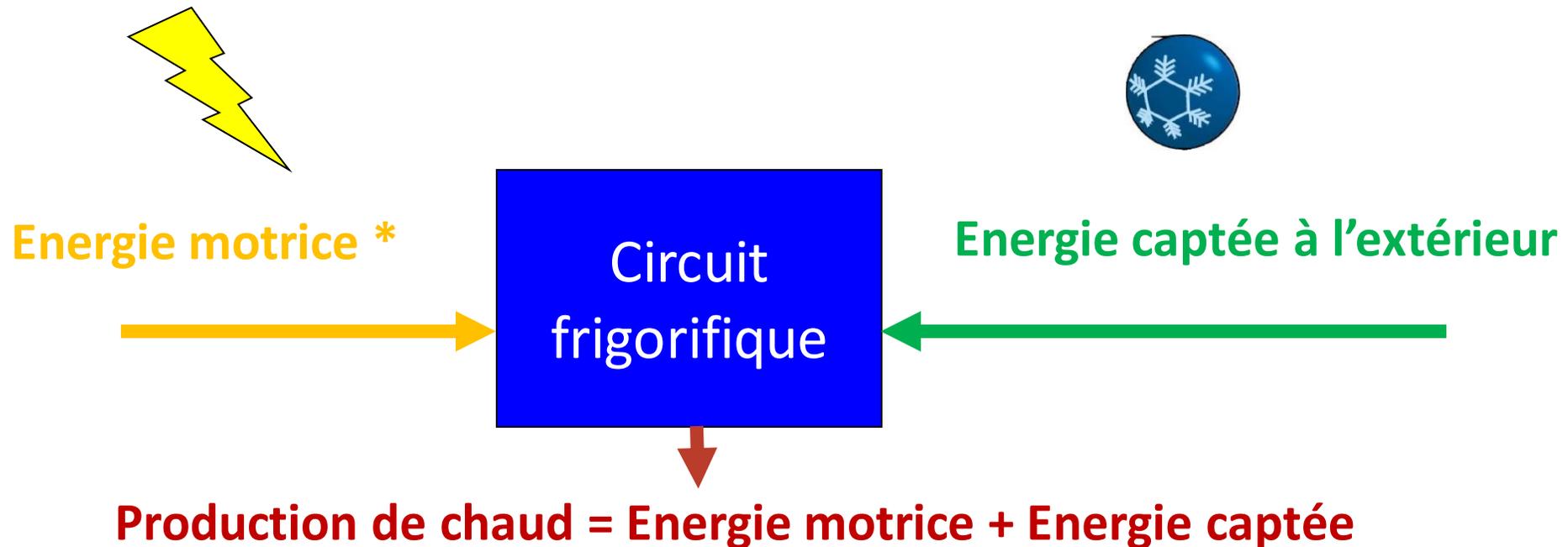
IV. Le circuit hydraulique





I. LE FONCTIONNEMENT DES POMPES À CHALEUR AIR-EAU

V. Les notions de performances



coefficient de performance ou C.O.P. = Puissance chaude P_{ch} / Puissance consommée P_{cons}

$$\text{C.O.P.} = \frac{P_{chaude}}{P_{Consommée}}$$

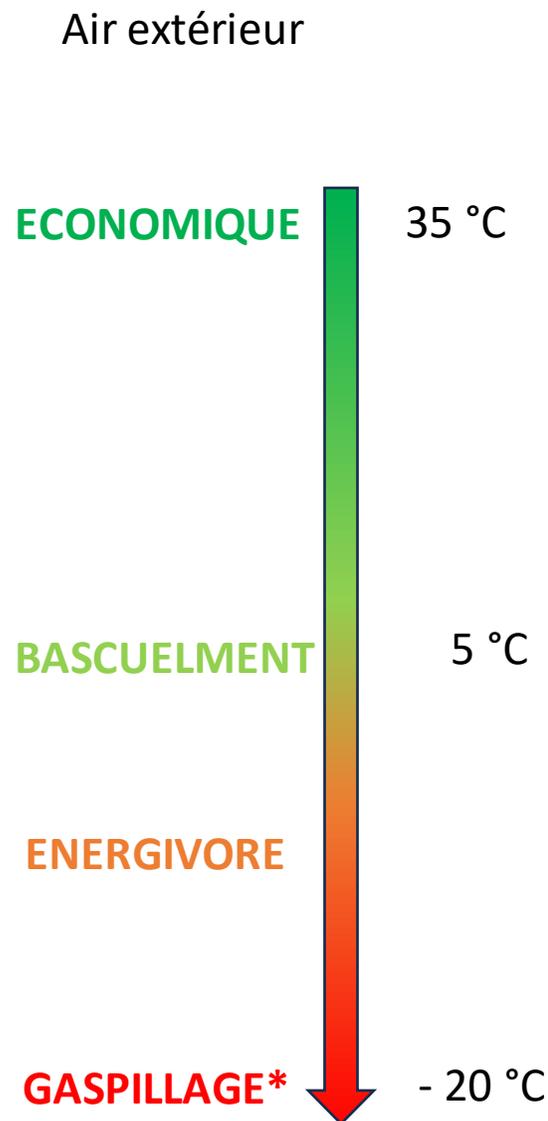
***Energie motrice :**

- Electricité majoritairement
- Il existe d'autres source comme la chaleur pour les cycles à absorption ou diélectriques mais les rendements sont extrêmement faible COP<1

I. LE FONCTIONNEMENT DES POMPES À CHALEUR AIR-EAU

VI. Les cycles de dégivrage

Transfert de chaleur naturel : Toujours du plus **chaud** au plus **froid**



Prise de chaleur potentielle dans l'air extérieur :
Batterie extérieure plus froide que l'air

L'air ambiant contient un % d'humidité
voir une saturation 100 % d'humidité (brouillard)
La composante température / humidité est variable selon les conditions météo

En-dessous de +/- 5 °C extérieur
la batterie qui capte l'énergie est à 0 °C ou moins
-> l'eau contenue dans l'air gèle

La glace ou givre se dépose sur la batterie extérieure

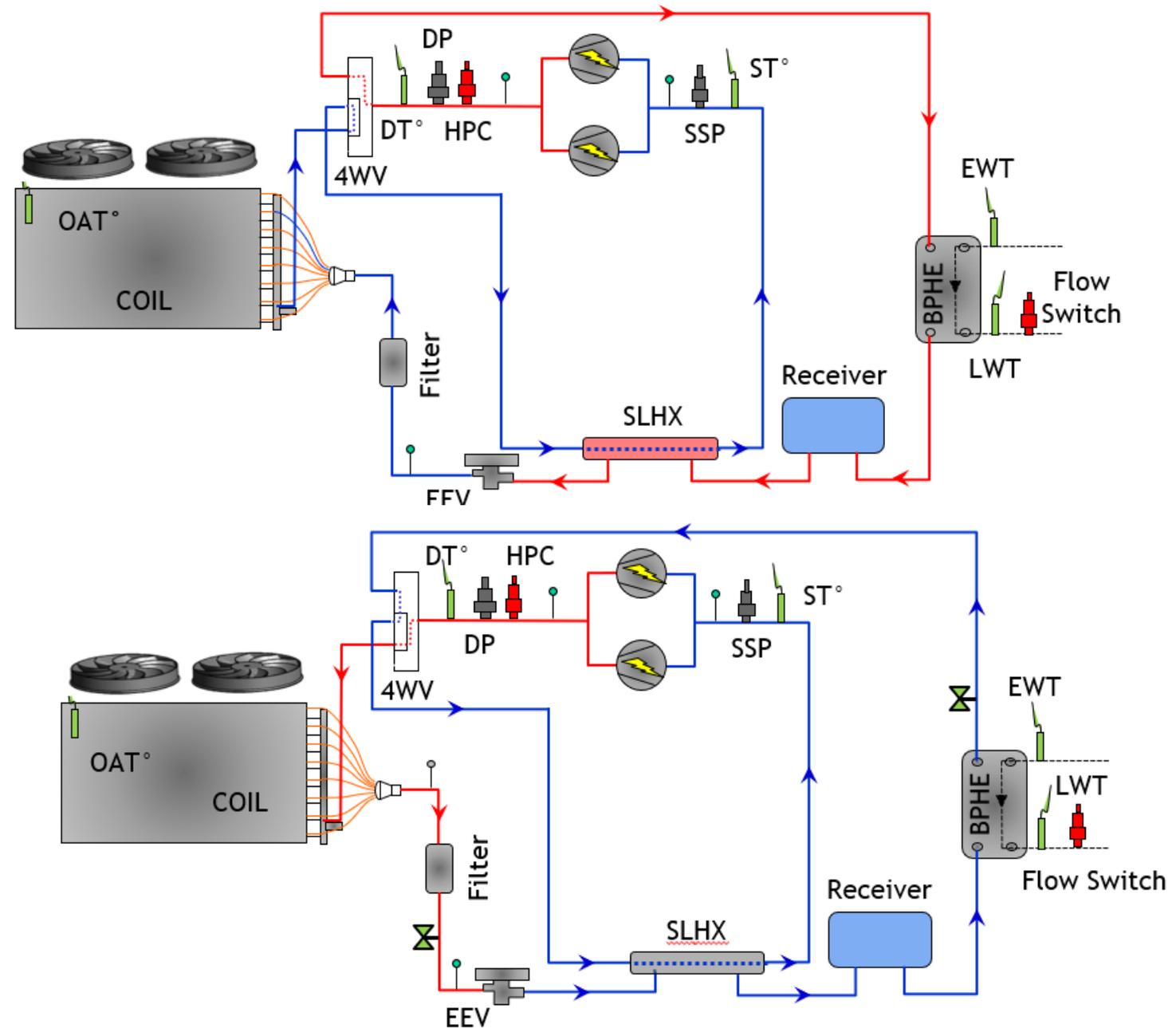
Conséquences :

- perte d'échange calorifique
- besoin d'un dégivrage régulier selon conditions météo



I. LE FONCTIONNEMENT DES POMPES À CHALEUR AIR-EAU

VI. Les cycles de dégivrage





I. LE FONCTIONNEMENT DES POMPES À CHALEUR AIR-EAU

VI. Les cycles de dégivrage

Les cycles de dégivrages sont calculés par la régulation

Du dégivrage simpliste au plus optimisés, les paramètres pris en compte sont :

Une simple minuterie dès que la température extérieure est en-dessous de 5 °c

Une combinaison du comportement de:

- la température extérieure
- la température de batterie par une ou plusieurs sondes
- temporisations

Une combinaison du comportement de:

- la température extérieure
- la température de batterie par une ou plusieurs sondes
- la basse pression (et température d'évaporation liée)
- temporisations multiples
- analyse du comportement et auto-adaptation



I. LE FONCTIONNEMENT DES POMPES À CHALEUR AIR-EAU

VI. Les cycles de dégivrage

Les cycles de dégivrage consomment beaucoup d'énergie.

La durée des cycles de dégivrage varie
entre +/- 20 minutes et plusieurs heures

Ils dépendent de :

- la température extérieure
- Le taux d'humidité extérieur
- Le taux de modulation du compresseur
- la durée d'utilisation du compresseur pendant cette période
- La température d'eau produite
- la qualité du contrôle électronique



I. LE FONCTIONNEMENT DES POMPES À CHALEUR AIR-EAU

V. Les cycles de dégivrage

Erreurs à ne pas commettre :

L'énergie la plus économique = Energie calorifique produite par la pompe à chaleur (COP>1) *

La pompe à chaleur a besoin d'une source d'eau chaude suffisante pour dégivrer !

- dégivrer avec l'aide d'une autre source de chaleur

(résistances électriques, chaudière,...) n'est pas avantageux

On utilise l'énergie brute alors qu'on pourrait utiliser le stockage fait par la PAC

Solution :

Prévoir un bon ballon tampon qui a 2 fonctions :

- une réserve d'énergie économique pour les dégivrages

- un tampon pour éviter trop de démarrages/arrêts des compresseurs**

*en général jusqu'à -8°C et cela dépend aussi d'autres facteurs

** un fonctionnement continu à charge partielle donne en général un meilleur rendement
(A vérifier avec données constructeurs très difficiles malheureusement à obtenir)



I. LE FONCTIONNEMENT DES POMPES À CHALEUR AIR-EAU

V. Les cycles de dégivrage

Exemples : Cas de figure

Etude basique de l'influence du dégivrage

Facteurs :

- Température
- humidité
- Qualité du matériel
- Qualité de la regulation
- Entretien

	config A	config B	config C	config D
COP instantané	3,5	3,5	3,5	3,5
décal entre 2 dégivrage	25 min	45 min	80 min	80 min
durée dégivrage	10 min	5 min	10 min	5 min
Proportion temps PAC/dégivrage				
puissance absorbée nominale	1 kW	1 kW	1 kW	1 kW
<i>exemple : 0°C ext / 35°C eau</i>				
Durée utilisation	1 heure	1 heure	1 heure	1 heure
consommé PAC	0,71 kWh	0,90 kWh	0,89 kWh	0,94 kWh
gain chauffage gratuit PAC	1,79 kWh	2,25 kWh	2,22 kWh	2,35 kWh
Total énergie pour le chauffage	2,50 kWh	3,15 kWh	3,11 kWh	3,29 kWh
consommé dégivrages	0,29 kWh	0,10 kWh	0,11 kWh	0,06 kWh
COP dégivrage	5	5	5	5
Perte dégivrage	1,43 kWh	0,50 kWh	0,56 kWh	0,29 kWh
Consommation totale	1,00 kWh	1,00 kWh	1,00 kWh	1,00 kWh
Energie fournie	1,07 kWh	2,65 kWh	2,56 kWh	3,00 kWh
dont gratuit	0,07 kWh	1,65 kWh	1,56 kWh	2,00 kWh
COP réel	1,07	2,65	2,56	3,00

Pour un COP en-dessous d'une certaine valeur, ne vaut-il pas mieux économiser l'usure du matériel et trouver une solution alternative même si l'électricité est auto-produite (panneaux solaire, ...)

II. POSSIBILITÉS TECHNIQUES DES PAC AIR-EAU

I. La source

Air :
ambiance extérieure

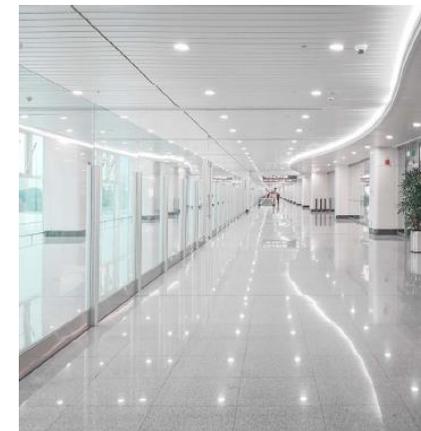
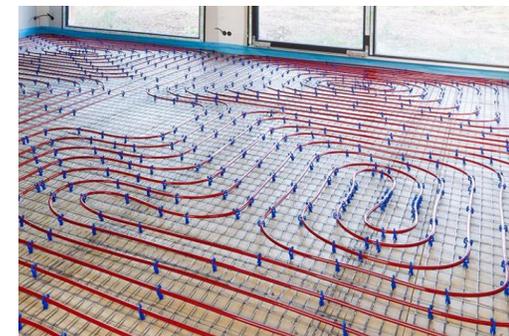
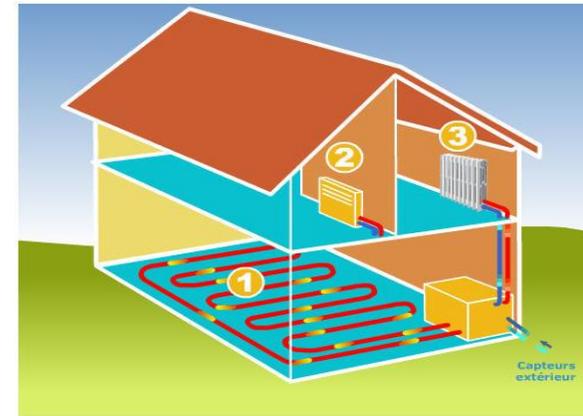
ou

apport de l'air par
gainage et ventilation
adaptée



II. POSSIBILITÉS TECHNIQUES DES PAC AIR-EAU

II. L'utilisation en confort

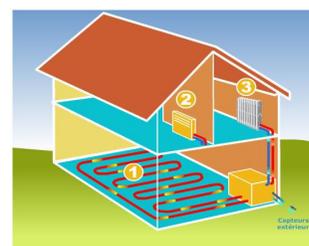


ECONOMIQUE 20 °C

Diffuseurs :

- sol chauffant
- plafond/murs chauffants
- ventilo-convecteurs
- poutres/ejecto-convecteurs
- centrale traitement d'air
- radiateurs

ENERGIVORE 65 °C

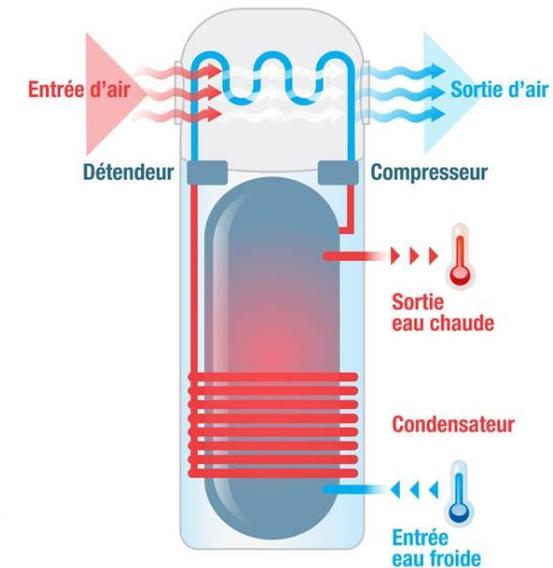
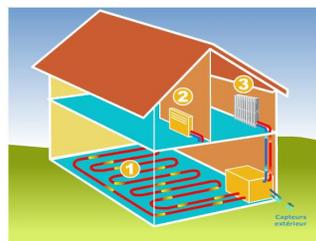
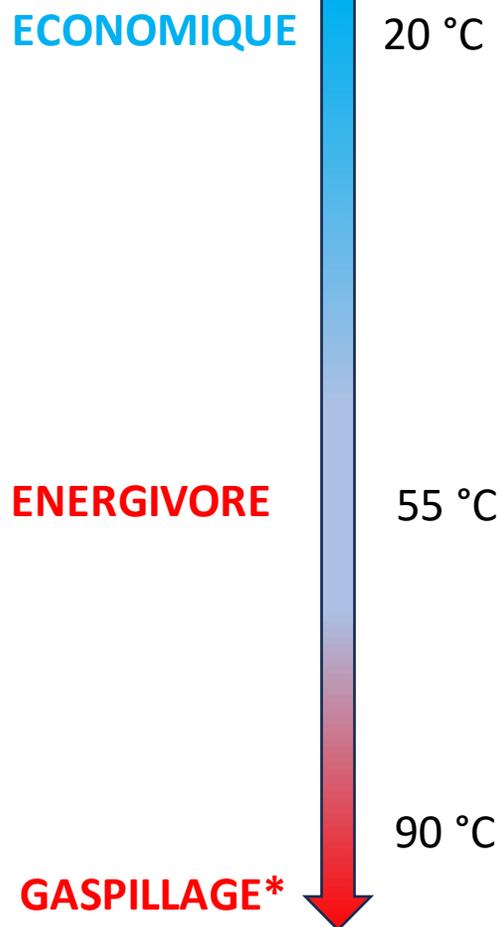


II. POSSIBILITÉS TECHNIQUES DES PAC AIR-EAU

III. L'utilisation en production ECS et piscines

Utilisations :

- eau piscine
- eau chaude sanitaire basse temperature
- eau chaude sanitaire haute temperature ou uniquement cycle anti-légionnelle



* Cela depend de la temérature de la source.

En chauffage classique, au-délà de +/- 55 °C, l'électricité directe commence à être plus économique

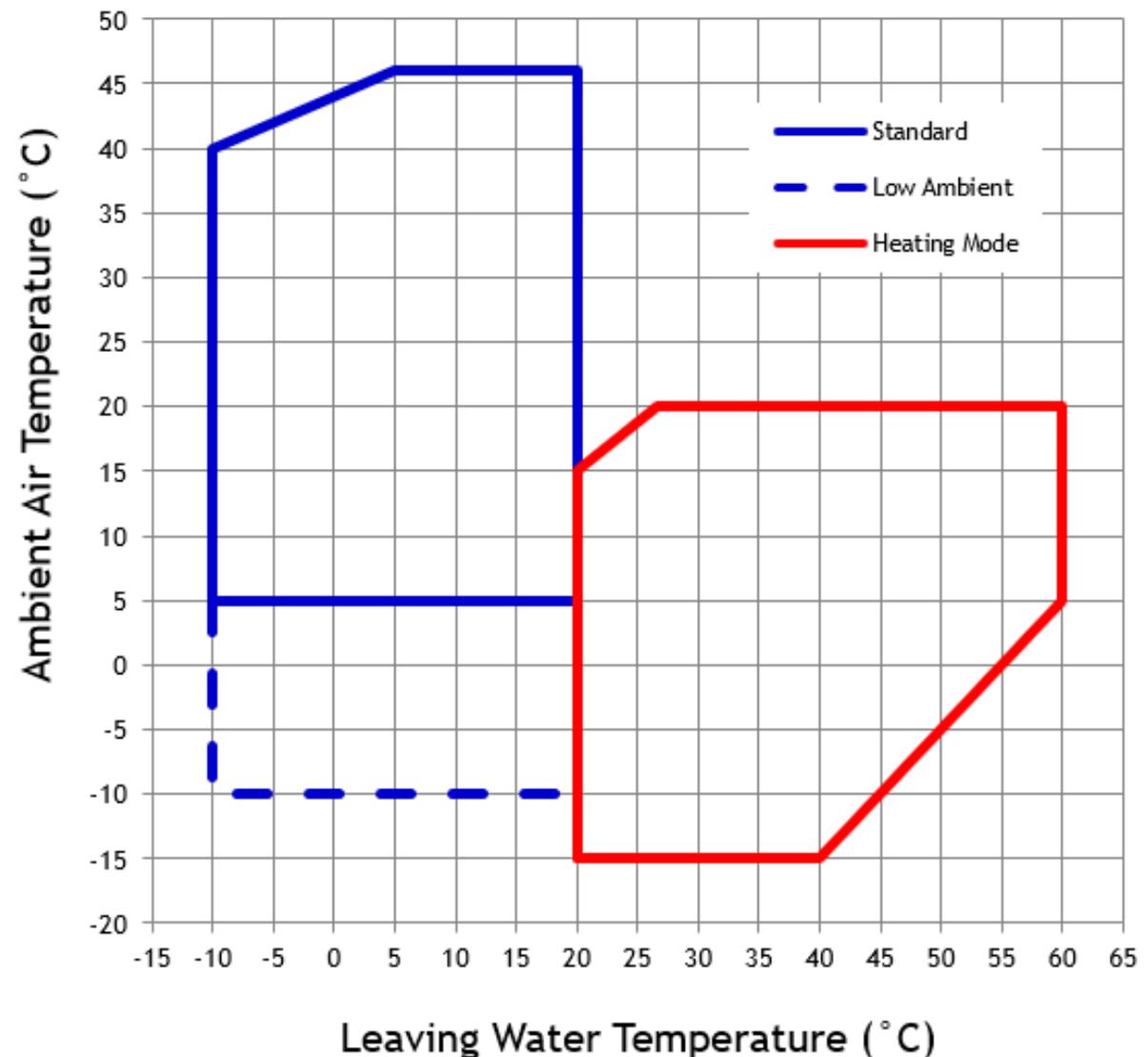
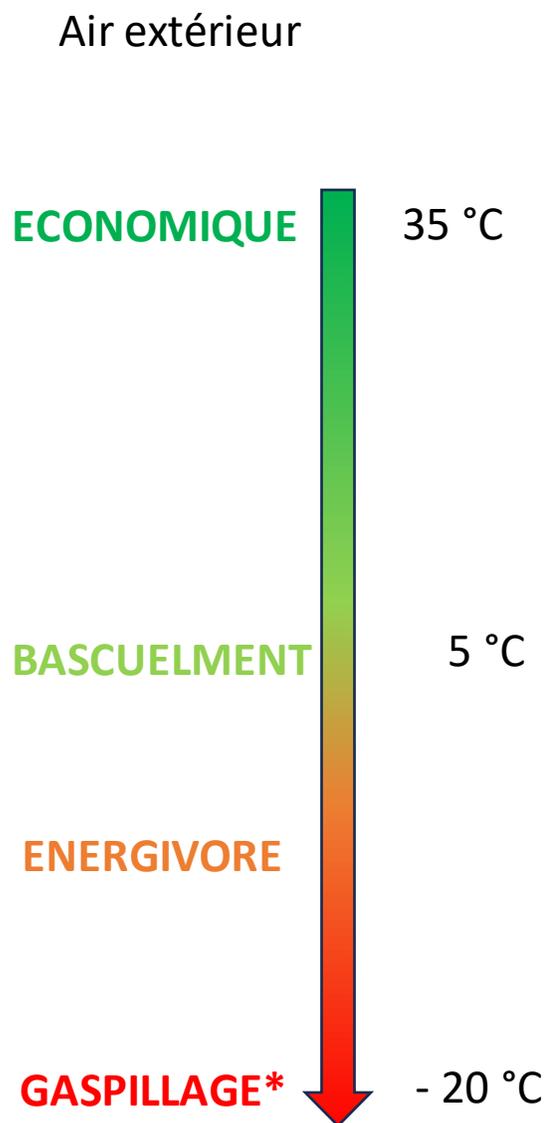
COP < 1 = **usure inutile** de la PAC

Même si on a son électricité "gratuite" (panneaux solaires,...)

Consulter performances constructeurs dans toutes les conditions

II. POSSIBILITÉS TECHNIQUES DES PAC AIR-EAU

III. Les limites de fonctionnement



Sélection d' une pompe à chaleur :

- au milieu de la zone de fonctionnement
- jamais sur les extrêmes

II. POSSIBILITÉS TECHNIQUES DES PAC AIR-EAU

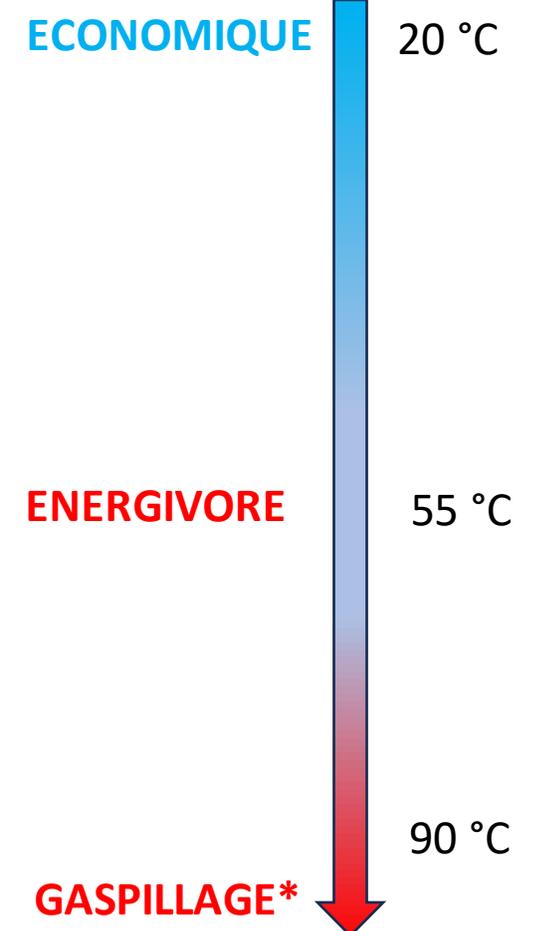
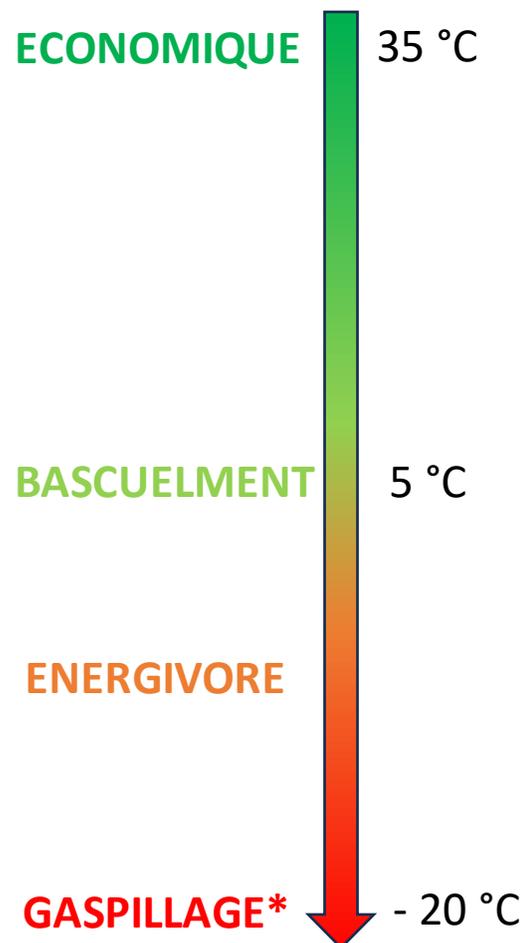
III. Les limites de fonctionnement

Optimisation par la régulation :

Air extérieur

- opter pour une courbe de chauffe
 - utiliser des programmes hebdomadaires
 - changement auto de système de chauffage
 - placer un compteur électrique
 - placer un compteur d'énergie intelligent
- (! Dégivrages !)

Eau produite



* Cela depend de la temérature de la source.

En chauffage classique, au-delà de +/- 55 °C, l'électricité directe commence à être plus économique

COP < 1 = usure inutile de la PAC

Même si on a son électricité "gratuite" (panneaux solaires...)

Consulter performances constructeurs dans toutes les conditions



III. L'IMPORTANCE D'UN BON DIMENSIONNEMENT

Le choix de la puissance de la pompe à chaleur

Air extérieur

ECONOMIQUE

35 °C

- Les besoins du bâtiment
- La possibilité de chauffage d'appoint mazout, gaz, élec, ...
- Electricité auto-produite : panneaux solaires,...

BASCUELEMENT

5 °C

- La température d'eau nécessaire
- Les limites sonores environnementales

ENERGIVORE

GASPILLAGE*

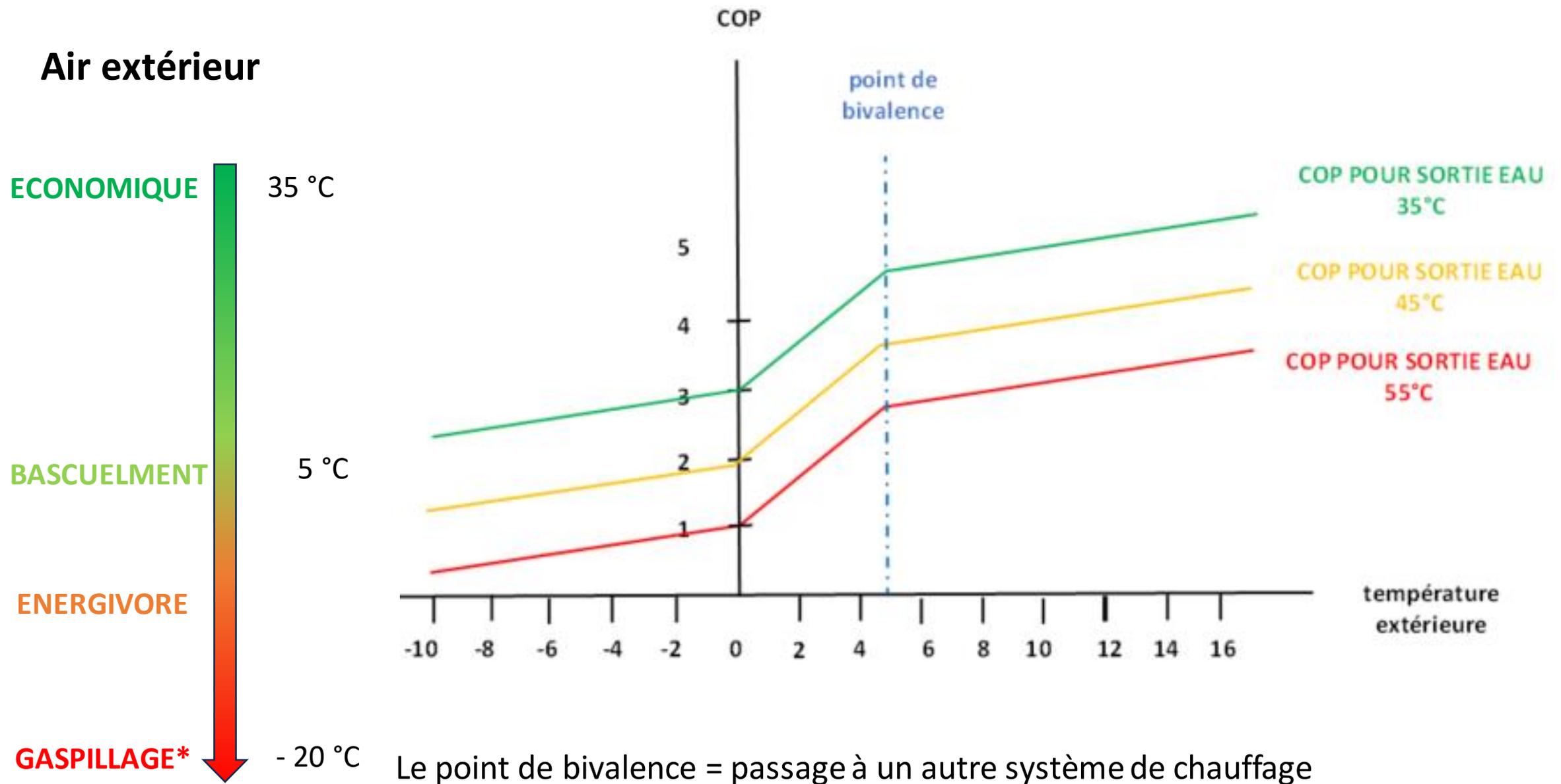
- 20 °C

- les limitations du réseau électrique (230V/3 , mono/tri)
- la surface nécessaire et les possibilités en façade, jardins,...



III. L'IMPORTANCE D'UN BON DIMENSIONNEMENT

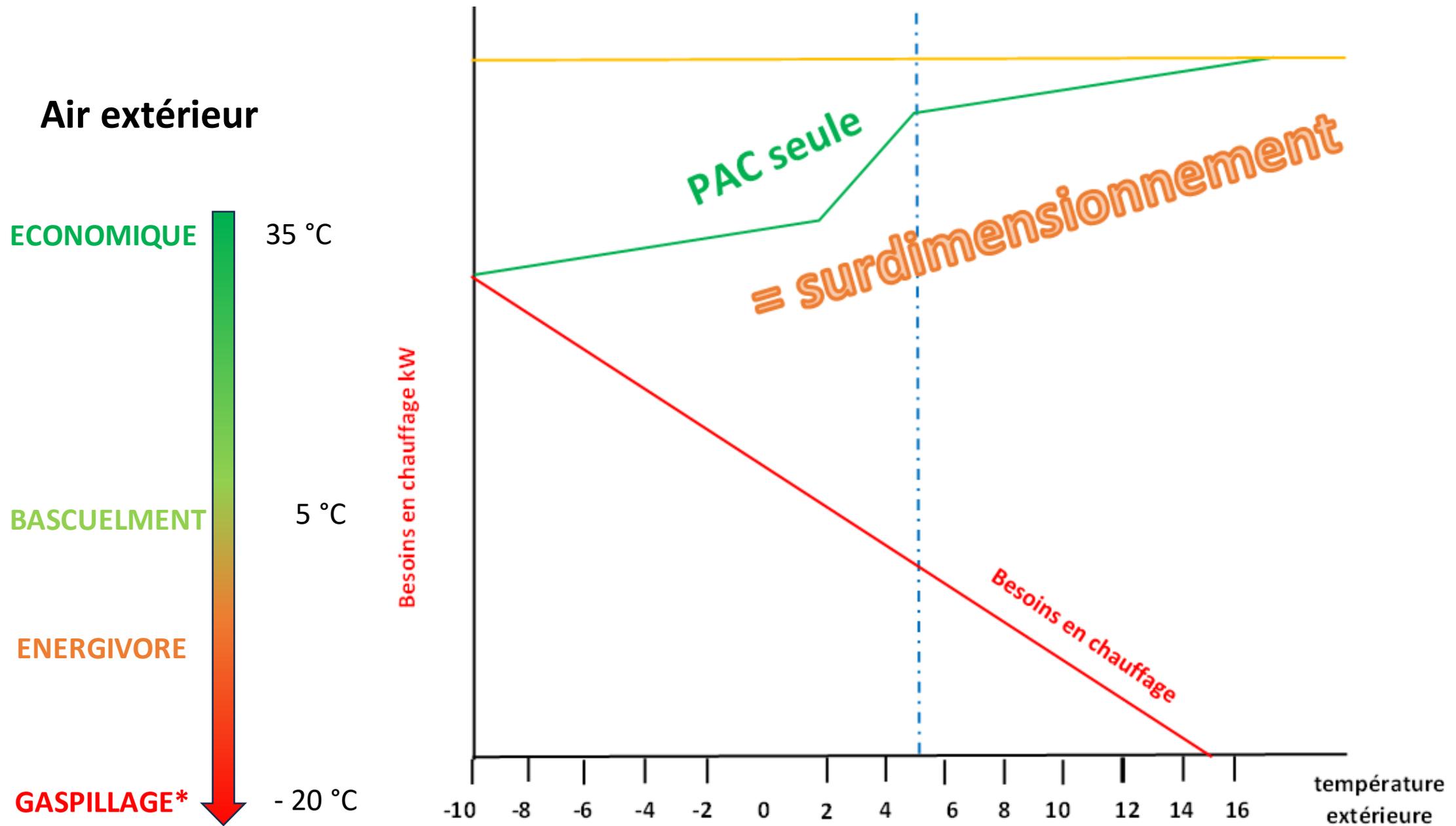
Courbes de performances de PAC air/eau





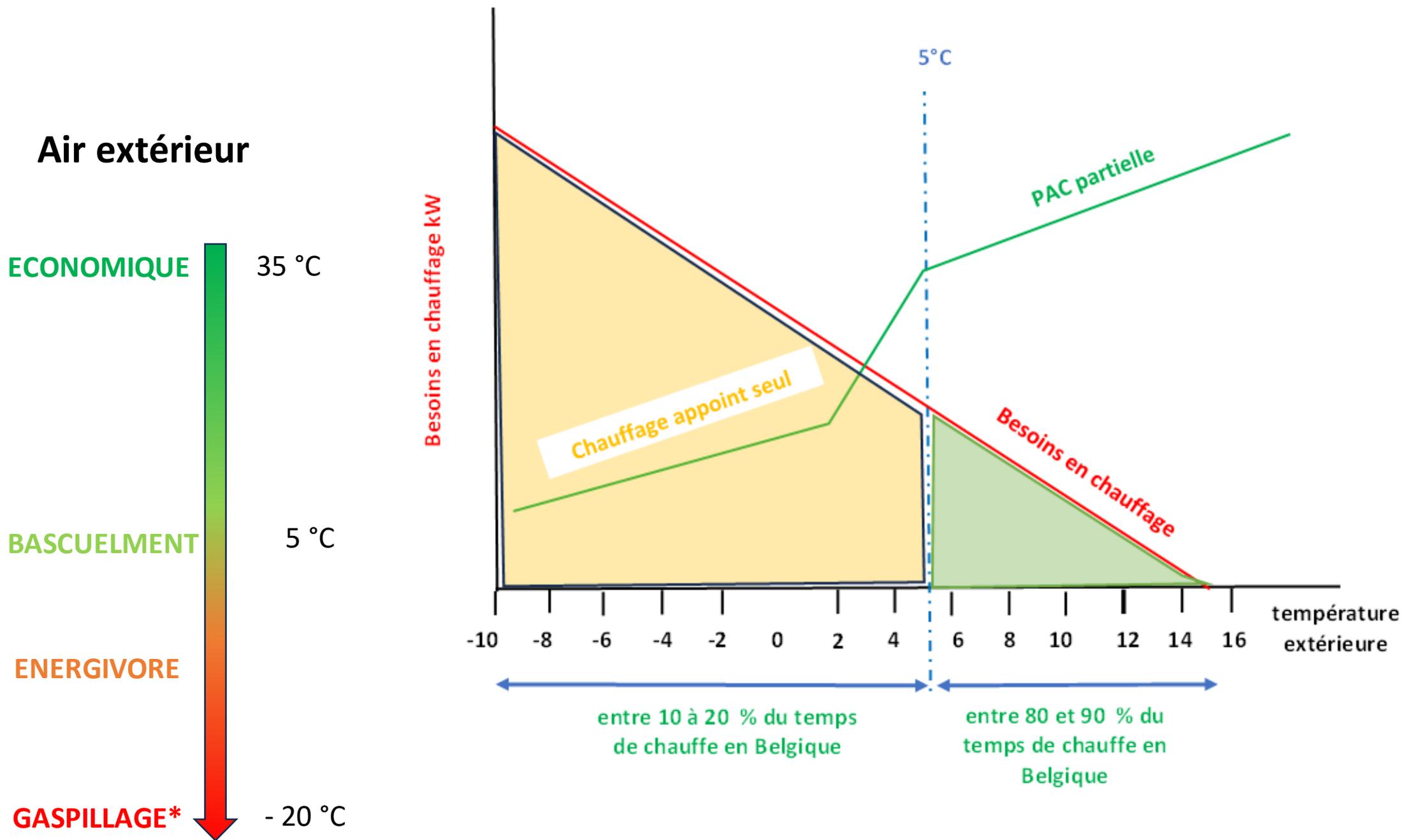
III. L'IMPORTANCE D'UN BON DIMENSIONNEMENT

Le rendement des pac air/eau diminue malheureusement avec la température



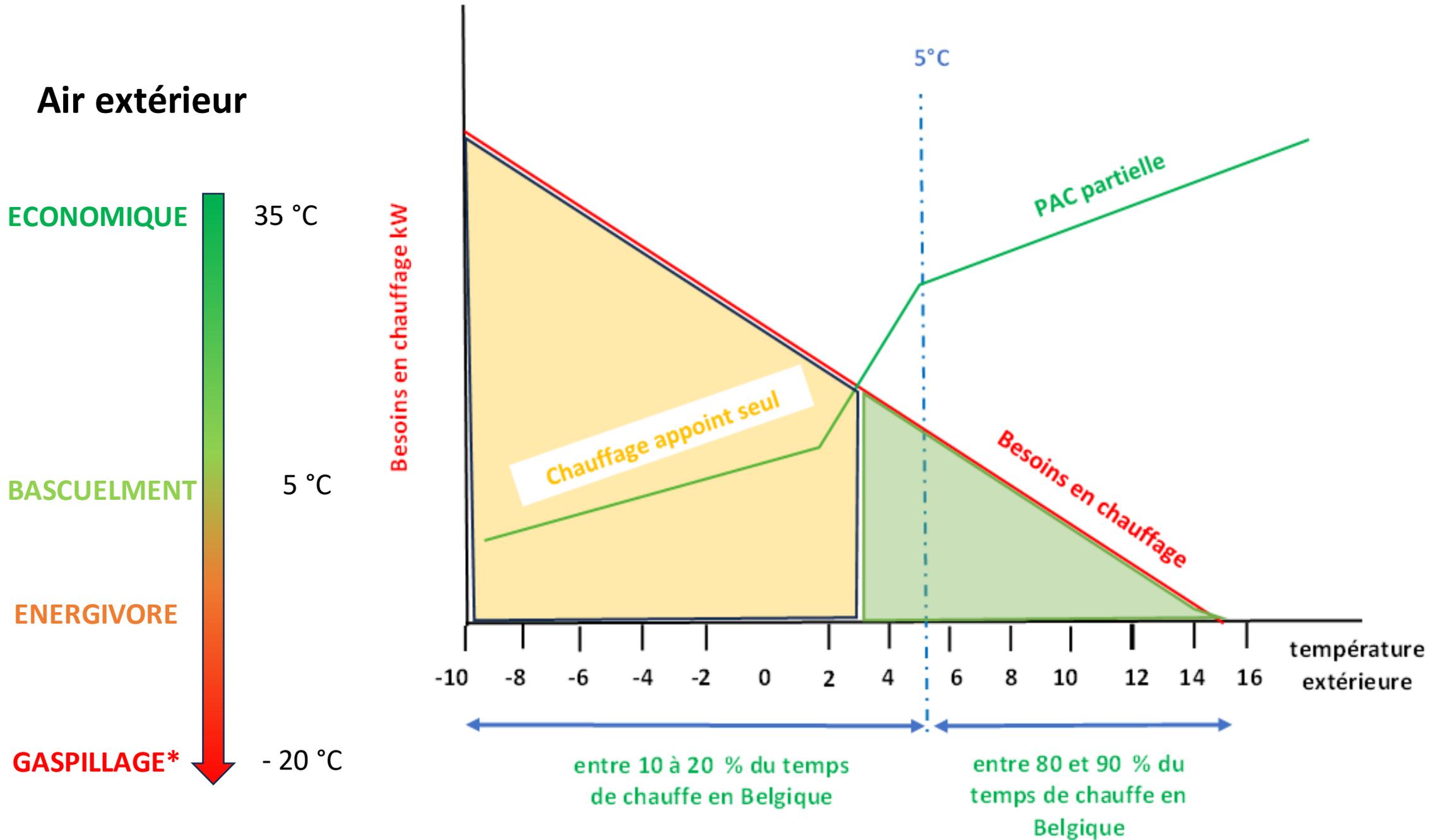


III. L'IMPORTANCE D'UN BON DIMENSIONNEMENT





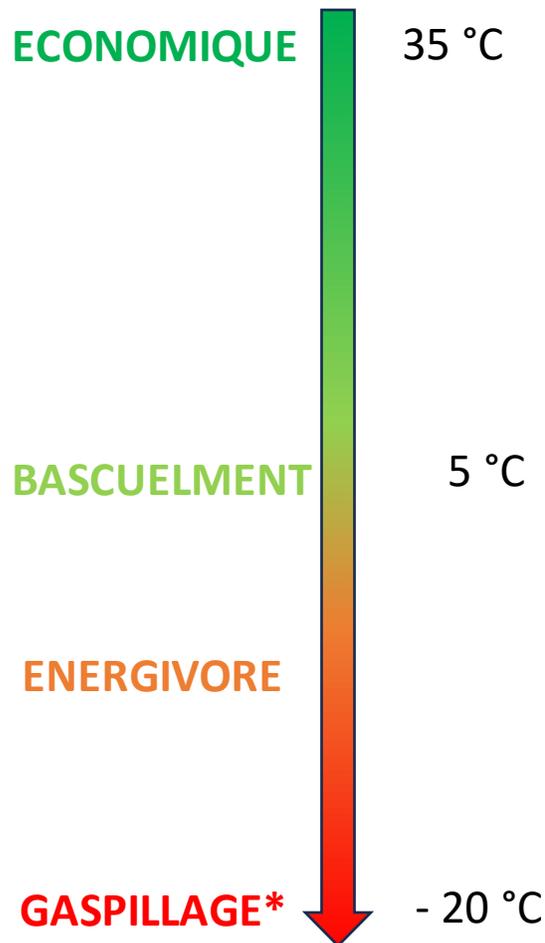
III. L'IMPORTANCE D'UN BON DIMENSIONNEMENT





III. L'IMPORTANCE D'UN BON DIMENSIONNEMENT

Air extérieur

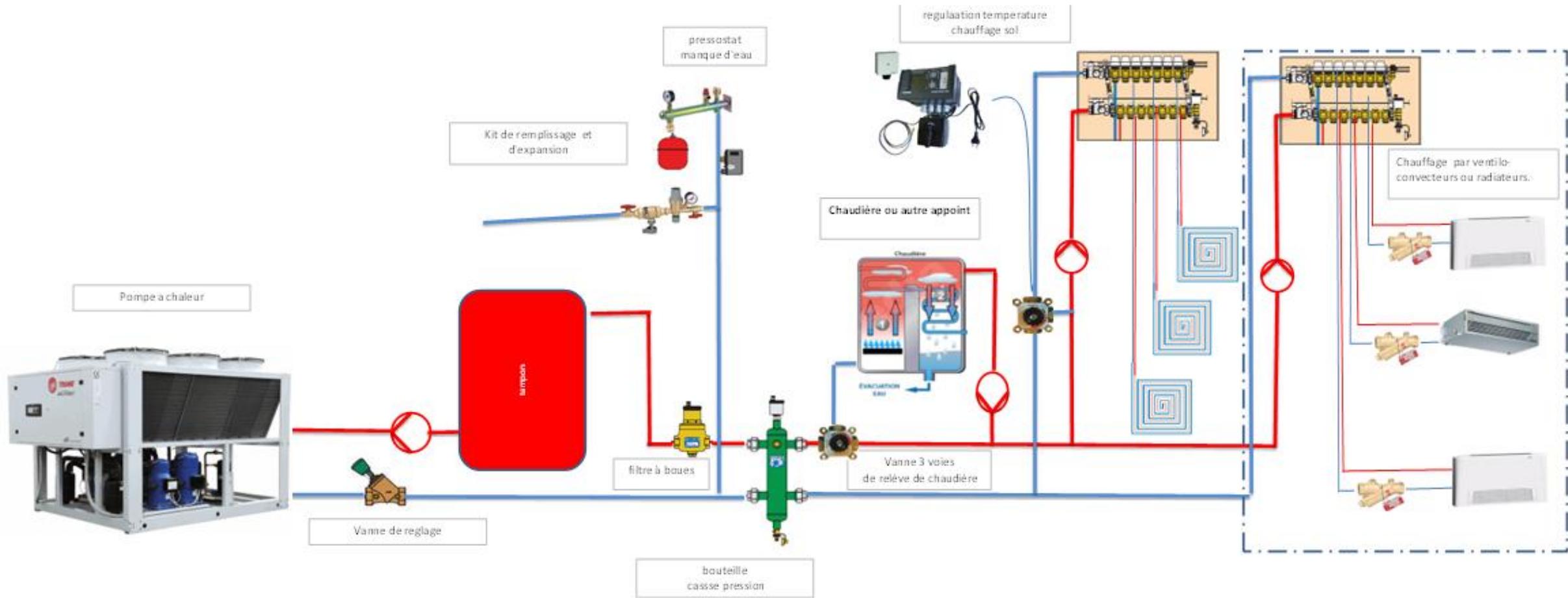


Calcul du point de température extérieure pour le basculement de la pompe à chaleur sur un chauffage auxiliaire en fonction des coûts de l'énergie et des COP suivant la température extérieure				
Coût instantané de l'électricité		0,25 €/kWh		
Coût de l'autre source d'énergie (mazout, gaz, bois,...)		0,080 €/kWh		
rendement de la production de chaleur (chaudière, poêle,...)		90,0%		
COP pompe à chaleur		coût du kwh chauffage		
T extérieure	COP	PAC	combustible choisi	
-10	2,5	0,100	0,089	
-9	2,54	0,098	0,089	
-8	2,58	0,097	0,089	
-7	2,62	0,095	0,089	
-6	2,65	0,094	0,089	
-5	2,69	0,093	0,089	
-4	2,73	0,092	0,089	
-3	2,77	0,090	0,089	
-2	2,8	0,089	0,089	
-1	2,82	0,089	0,089	
0	2,84	0,088	0,089	
1	2,88	0,087	0,089	
2	2,92	0,086	0,089	
3	3,07	0,081	0,089	
4	3,21	0,078	0,089	
5	3,32	0,075	0,089	
6	3,4	0,074	0,089	
7	3,48	0,072	0,089	
8	3,54	0,071	0,089	
9	3,58	0,070	0,089	
10	3,63	0,069	0,089	
11	3,68	0,068	0,089	
12	3,72	0,067	0,089	
13	3,74	0,067	0,089	
..	~ ~ ~	~ ~ ~	~ ~ ~	

Le COP est à encoder selon les informations du constructeur.
 Pour les dégivrages, il est important de savoir s'il en tient compte ou s'il donne juste une valeur instantanée



III. L'IMPORTANCE D'UN BON DIMENSIONNEMENT





III. L'IMPORTANCE D'UN BON DIMENSIONNEMENT

IV. Un formulaire de visite pour penser à tout

Type PAC	air/air	air/eau	eau/eau		
Type habitation	Neuve	rénovation	remplacement chaudière ou pac existante		
Condition d'utilisation	PAC seule	relève de chaudière			
Surface à chauffer avec la PAC	<input type="text"/> m ²				
ECS avec le PAC	oui	non			
Isolation de la maison	tres mauvais	mauvais	moyen	bon	très bon
Valeur K	<input type="text"/>				
Tension d'alimentaion disponible	<input type="text"/> V		Compteur nuit	oui	non
Ampérage disponible	<input type="text"/> A				
Type de pompe à prévoir	pur PAC		PAC + appoint électrique		
Puissance chaudière existante	<input type="text"/> kW				
Consommation annuelle actuelle	<input type="text"/> kWh		=litres de mazout/ m ³ gaz		



CE QU'IL FAUT RETENIR DE L'EXPOSÉ

- La pompe à chaleur air/eau est une technique sûre qui offre de belles perspectives d'avenir
- Elle fait partie des solutions durables
- Elle a ses limites et des solutions hybrides sont nécessaires pour de nombreuses raisons : dimensionnement, besoins calorifiques (isolation), chauffages d'appoint possibles, Electricité auto-produite : panneaux solaires, ..., température d'eau nécessaire, limitation sonores, limitations électrique (puissance, 230V/3 , mono/tri), emplacement
- Les particuliers et les professionnels ont besoin d'être davantage formés à une utilisation optimale



OUTILS, SITES INTERNET, SOURCES

- Fichiers Excel de calcul et schémas hydrauliques:
A votre disposition sur demande



CONTACT

Daniel Peduzzi

Technical Support Engineer



Coordonnées

Tél : 0491 15 49 88

E-mail : d.peduzzi@tranebelgium.com

Trane Belgium SA
Avenue Tedesco 7, B-1160 Bruxelles



TRANE RENTAL SERVICES

Solutions de refroidissement
et de chauffage

- DÉPANNAGE
- VARIATIONS DE PRODUCTION
- TEST D'ÉQUIPEMENTS



bruxelles
environnement
leefmilieu
brussel
.brussels