

# FORMATION BÂTIMENT DURABLE

## ÉNERGIES RENOUVELABLES

PRINTEMPS 2022

**Focus sur les pompes à chaleur**  
Présentations des différentes technologies

Pierre GUSTIN

éCORCE  
INGÉNIERIE CONSULTANCE



- ▶ Rappel des principes fondamentaux de la pompe à chaleur
- ▶ Présentation des différentes technologies (types de pompe à chaleur, source chaude, source froide, réversibilité et simultanéité...) et cas particulier de l'eau chaude sanitaire.
- ▶ Définition du rôle et de l'influence de la régulation sur la performance des pompes à chaleur
- ▶ Présentation du contexte réglementaire dans lequel s'inscrivent les pompes à chaleur ainsi que les démarches nécessaires à leur intégration dans un projet
- ▶ Explication des différents paramètres intervenants dans l'encodage d'une PAC dans le Logiciel PEB et optimiser l'installation afin de minimiser son impact sur le CEP
- ▶ Présentation des mécanismes de soutien disponibles en Région Bruxelloise



**PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT**

PRÉSENTATION DES TECHNOLOGIES

EMISSION

EAU CHAUDE SANITAIRE

RÉGULATION

RÉVERSIBILITÉ ET SIMULTANÉITÉ

RÉGLEMENTATIONS ET SOUTIENS



## Il y a de la chaleur dans l'air, l'eau et le sol.

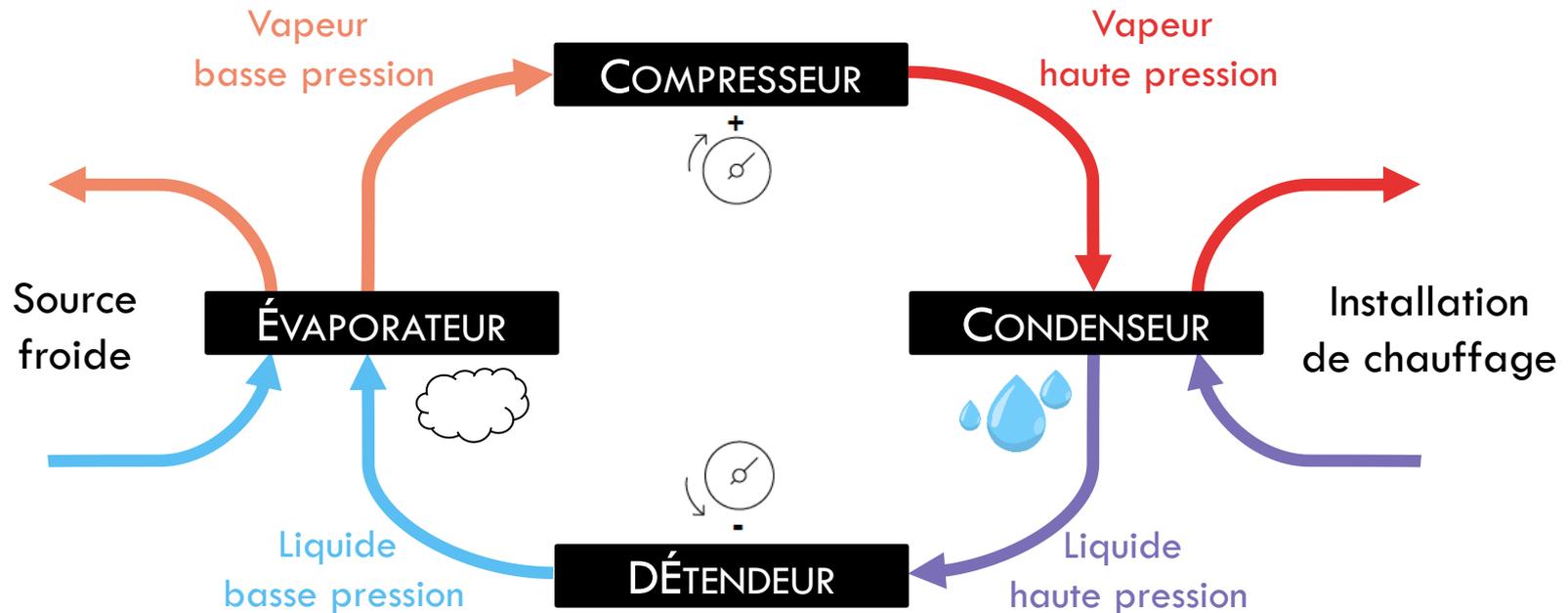
- ▶ Il est possible de récupérer cette énergie « inépuisable » et de s'en servir pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire grâce aux pompes à chaleur.
- ▶ La conception d'une installation intégrant une pompe à chaleur diffère des installations « traditionnelles » de la phase de sélection jusqu'à son fonctionnement.
- ▶ La mise en œuvre de la pompe du système complet (capteur, pompe à chaleur, émetteur de chaleur) a également une influence majeure sur sa performance.



## 5 PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

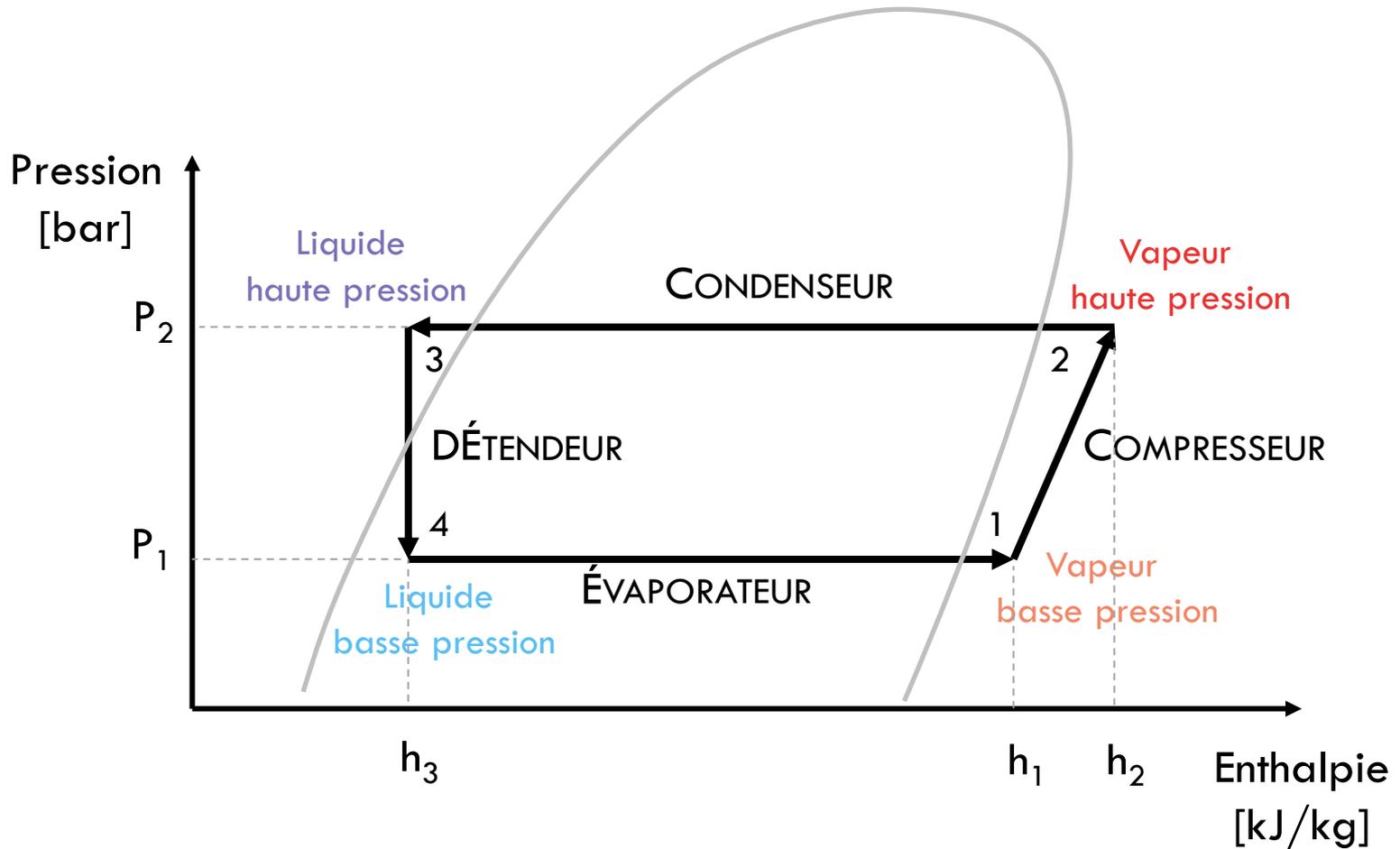
### Principe de fonctionnement d'une pompe à chaleur :

- ▶ Soutire de la chaleur d'une « source froide » (sol, air extérieur...),
- ▶ Augmente son niveau de température,
- ▶ Restitue cette chaleur à une température plus élevée.



# DIAGRAMME DE MOLLIER

## Cycle thermodynamique idéal du fluide qui circule dans la pompe à chaleur



**Définition du coefficient de performance (COP):**

$$\text{COP} = \frac{\text{Energie transmise à la source chaude}}{\text{Energie mécanique dépensée}}$$

$$\text{COP} = \frac{Q_{\text{évaporateur}}}{W_{\text{compresseur}}}$$

**Coefficient de performance théorique/idéal (cycle de Carnot):**

$$\text{COP}_{\text{idéal}} = \frac{T_{\text{source chaude}} + 273.15}{(T_{\text{source chaude}} + 273.15) - (T_{\text{source froide}} + 273.15)}$$

**Dans la pratique :**

- ▶ COP réel est affecté d'un coefficient de 0,4 à 0,7



## INFLUENCE DES TEMPÉRATURES DE SOURCES

**Le COP sera d'autant plus élevé que l'écart de température entre la source et le milieu à chauffer sera faible.**

► Exemple :

- $T_{source\ chaude} = 35^{\circ}\text{C}$  et  $T_{source\ froide} = 0^{\circ}\text{C}$

$$\text{COP}_{\text{idéal}} = \frac{308.15}{308.15 - 273.15} = 8.8$$

- $T_{source\ chaude} = 35^{\circ}\text{C}$  et  $T_{source\ froide} = 10^{\circ}\text{C}$

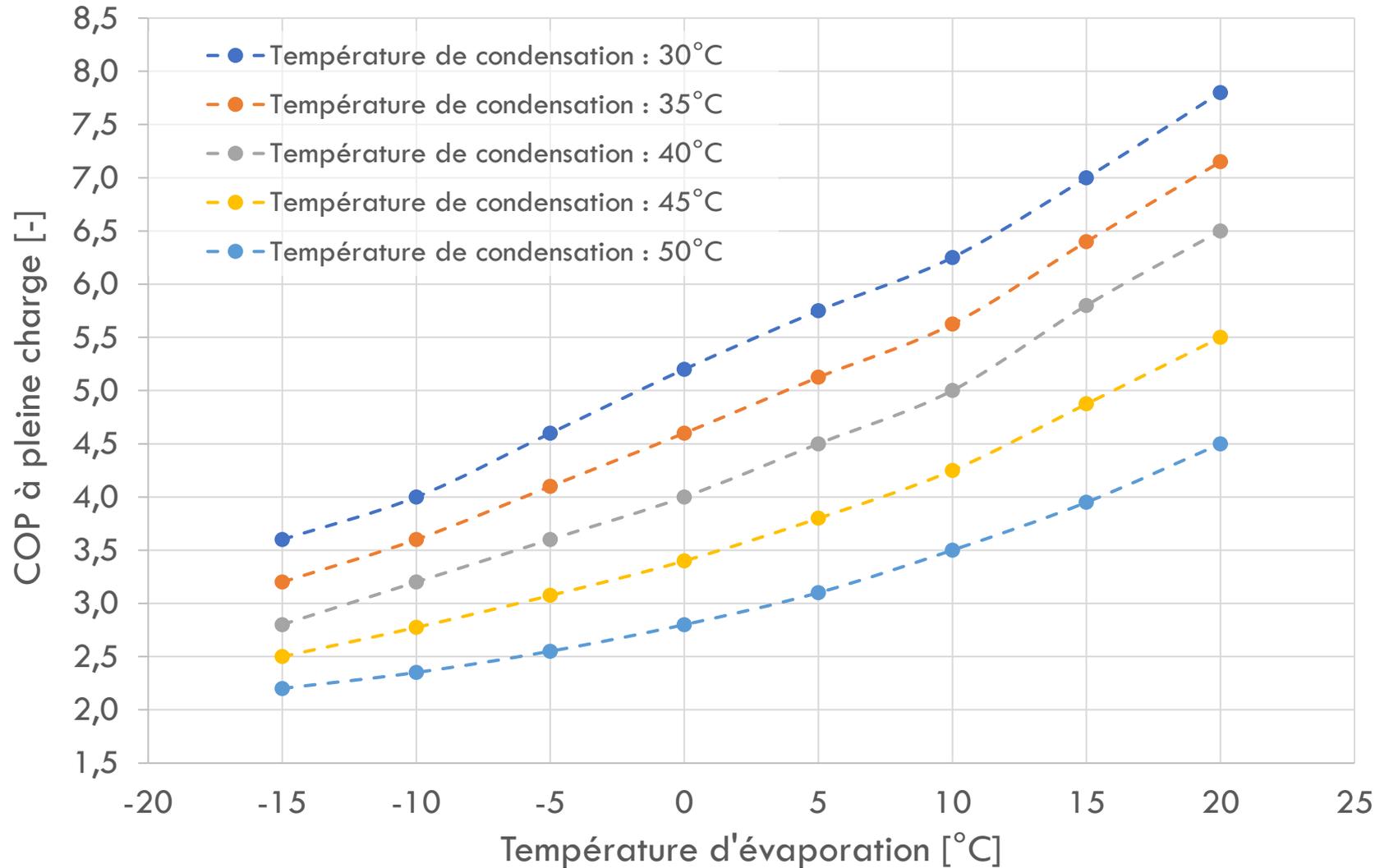
$$\text{COP}_{\text{idéal}} = \frac{308.15}{308.15 - 283.15} = 12.3$$

- $T_{source\ chaude} = 45^{\circ}\text{C}$  et  $T_{source\ froide} = 0^{\circ}\text{C}$

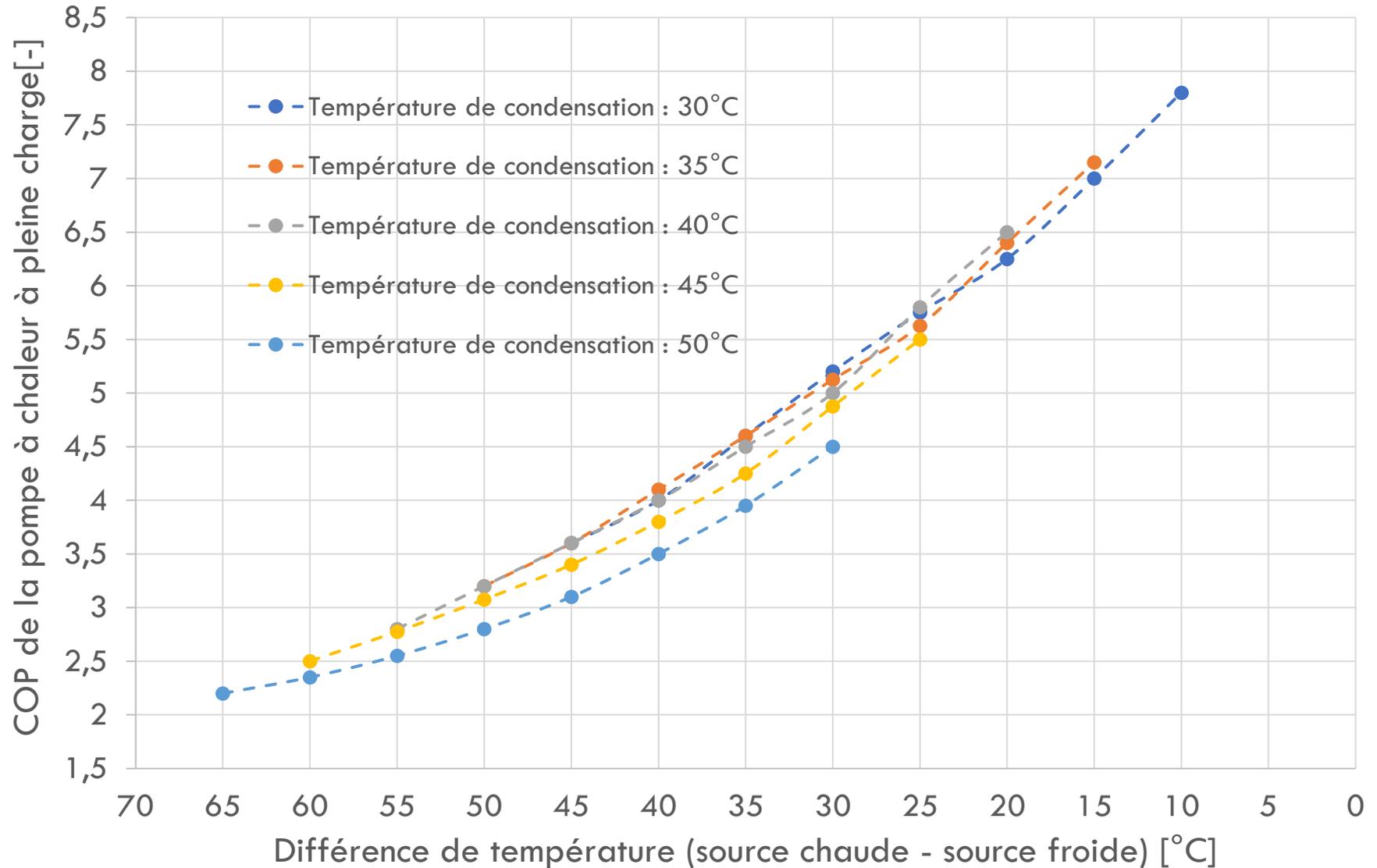
$$\text{COP}_{\text{idéal}} = \frac{318.15}{318.15 - 273.15} = 7.1$$



# INFLUENCE DES TEMPÉRATURES DE SOURCES



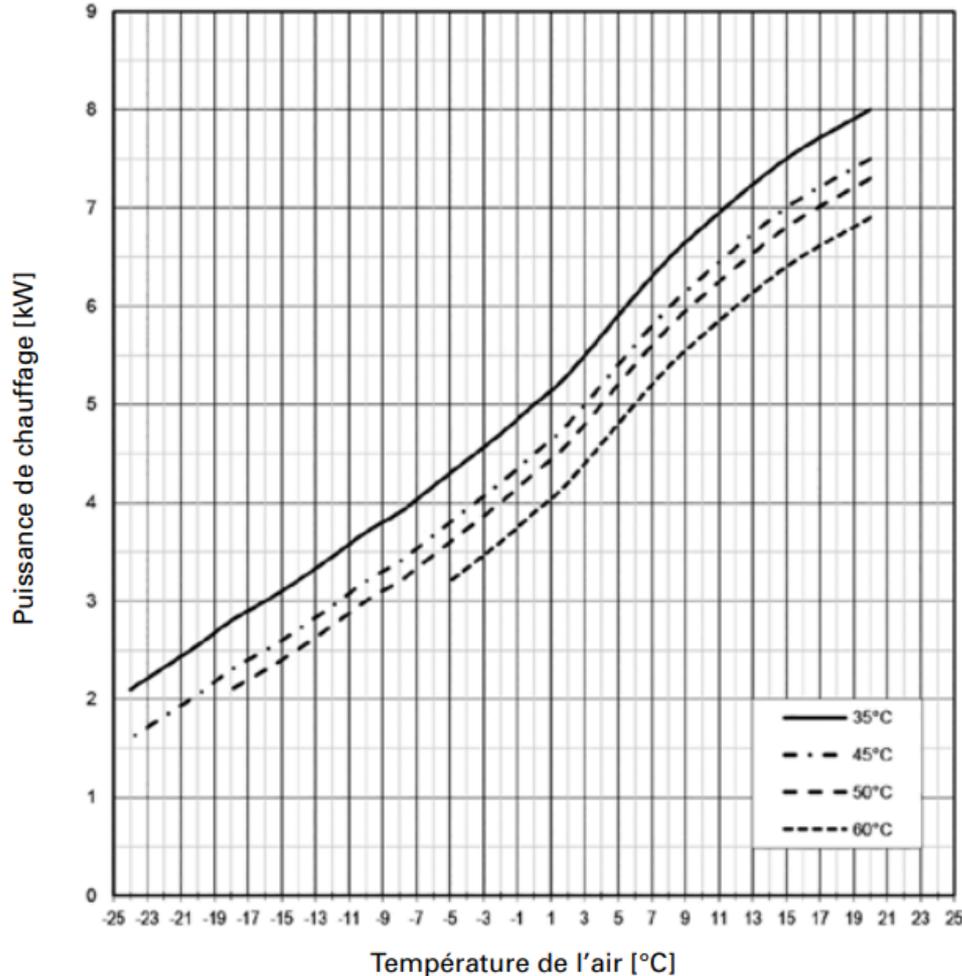
# 10 INFLUENCE DES TEMPÉRATURES DE SOURCES



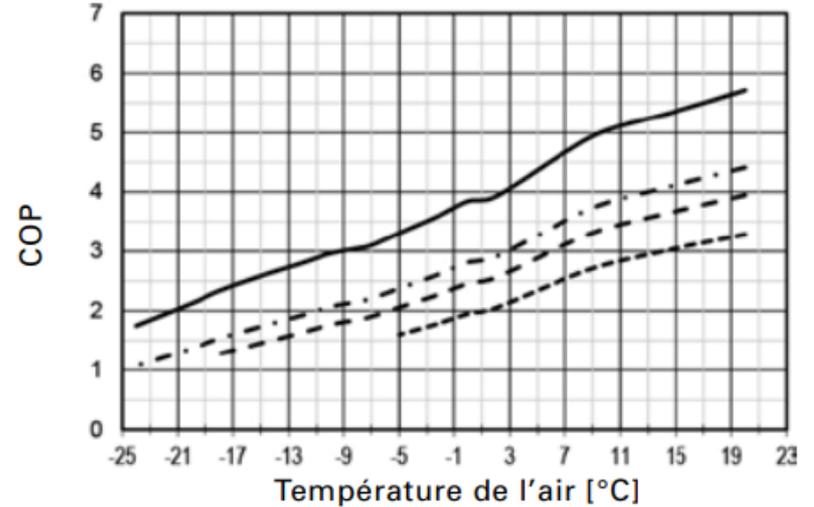
# 11 INFLUENCE DES TEMPÉRATURES DE SOURCES

La puissance d'une PAC dépend également des conditions de température

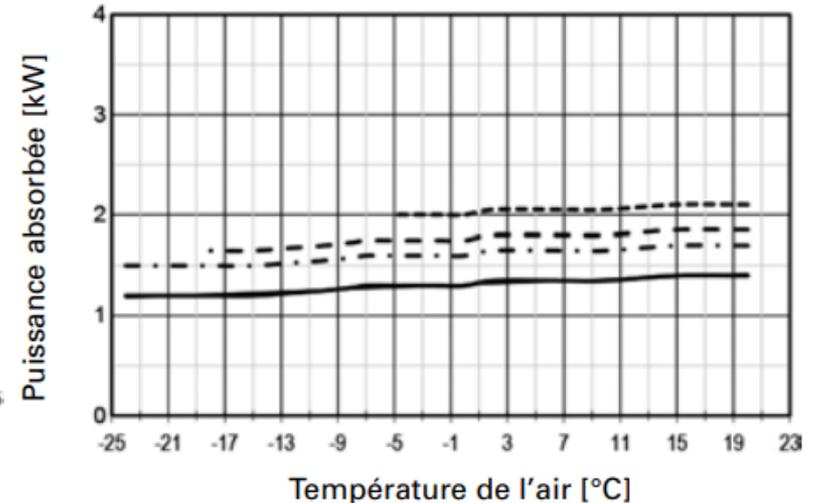
**Puissance de chauffage**



**COP**



**Puissance absorbée**



PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

## PRÉSENTATION DES TECHNOLOGIES

### ► Types

⇒ PAC à compression: moteur électrique

⇒ PAC à compression: moteur gaz

⇒ PAC à absorption

### ► Sources froides

EMISSION

EAU CHAUDE SANITAIRES

RÉGULATION

RÉVERSIBILITÉ ET SIMULTANÉITÉ

RÉGLEMENTATIONS ET SOUTIENS



**13** PAC À COMPRESSION : MOTEUR ÉLECTRIQUE**Compresseur à moteur électrique :**

- ▶ Compresseur Scroll / Compresseur à pistons / Compresseur à vis
  - ▶ Variation électronique de vitesse amélioration les performances :  
Modulation de puissance entre 20 et 120 % de la valeur nominale
- ⇒ **Economie pouvant aller jusqu'à 30 %**

**Compresseur à moteur gaz :**

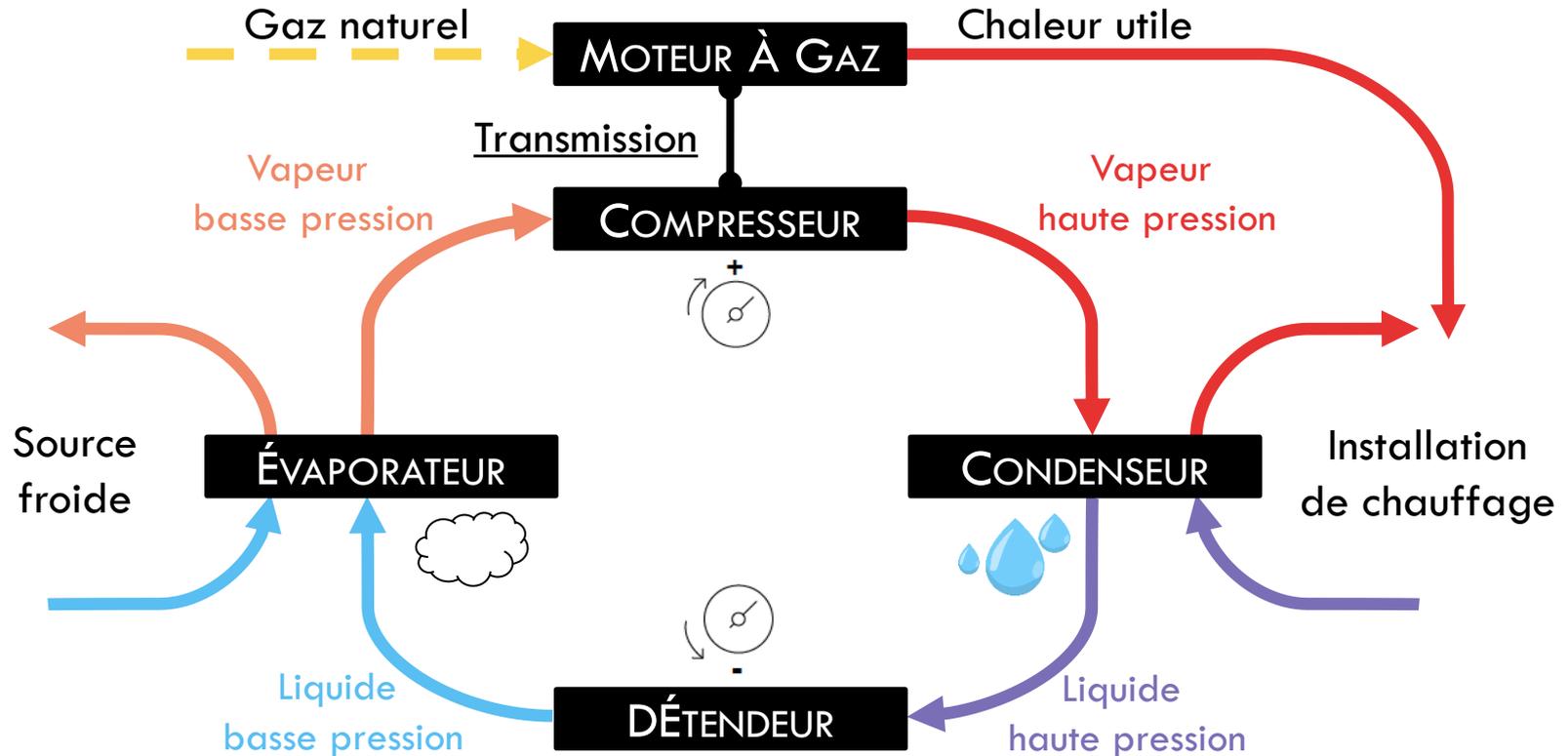
- ▶ Compresseur entraîné par un moteur à combustion par l'intermédiaire d'un arbre de transmission.
- ▶ Possibilité de récupérer de la chaleur sur les gaz d'échappement et sur l'eau de refroidissement du moteur.

**Compression thermochimique**

- ▶ L'énergie est apportée au système sous forme de chaleur et non sous forme d'énergie mécanique
- ▶ Basé sur l'affinité d'un fluide frigorigène pour un autre liquide (l'ammoniac et l'eau)

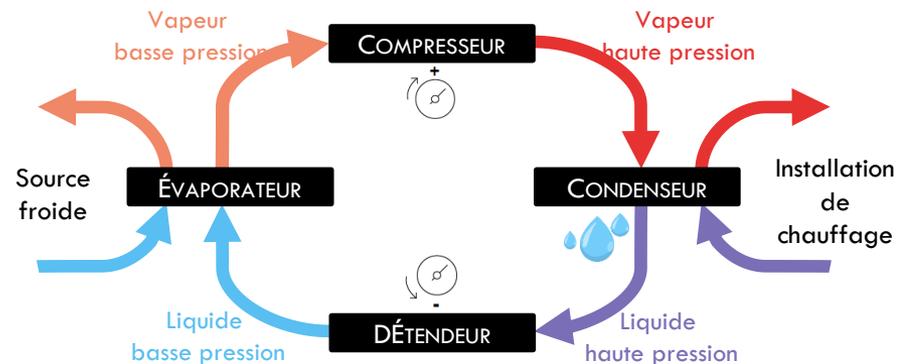


# PAC À COMPRESSION : MOTEUR GAZ



## Différentes configuration de PAC:

- ▶ **A détente directe** : un seul circuit, le fluide frigorigène circule en circuit fermé dans la pompe, les capteurs et les émetteurs de chaleur. Ce type de pompes à chaleur contient beaucoup de fluide frigorigène. Il n'y a pas d'échangeur intermédiaire.
- ▶ **Mixtes** : deux circuits, le fluide frigorigène circule directement dans les capteurs et dans la pompe à chaleur sans échangeur intermédiaire, les émetteurs sont alimentés en eau chaude via un échangeur.
- ▶ **A fluides intermédiaires** : trois circuits, le circuit frigorifique de la pompe à chaleur, le circuit des capteurs où circule de l'eau (éventuellement additionnée d'antigel), le circuit qui alimente en eau chaude les émetteurs. Il y a 2 échangeurs de chaleur,
- ▶ Compresseur à **vitesse constante ou variable**



PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

## PRÉSENTATION DES TECHNOLOGIES

- ▶ Types
- ▶ **Sources froides**
  - ⇒ **PAC aérothermique**
  - ⇒ **PAC géothermique**

EMISSION

EAU CHAUDE SANITAIRES

RÉGULATION

RÉVERSIBILITÉ ET SIMULTANÉITÉ

RÉGLEMENTATIONS ET SOUTIENS



## Sources froides

- ▶ **Air** intérieur ou extérieur
- ▶ **Terrain** à petite ou grande profondeur
- ▶ **Eau** de surface ou souterraine, des égouts

## Nomenclature PAC

- ▶ **AIR** : échange direct air - fluide frigo
- ▶ **SOL** : échange direct terrain – fluide frigo
- ▶ **EAU** : échange eau « pure » – fluide frigo
- ▶ **EAU GLYCOLEE** : échange eau glycolée – fluide frigo



## 18 SOURCES FROIDES: PAC AÉROTHERMIQUES

**Simple à mettre en œuvre :**

- ▶ Aucun capteur à installer
- ▶ Sans autorisation spéciale

**Source froide :**

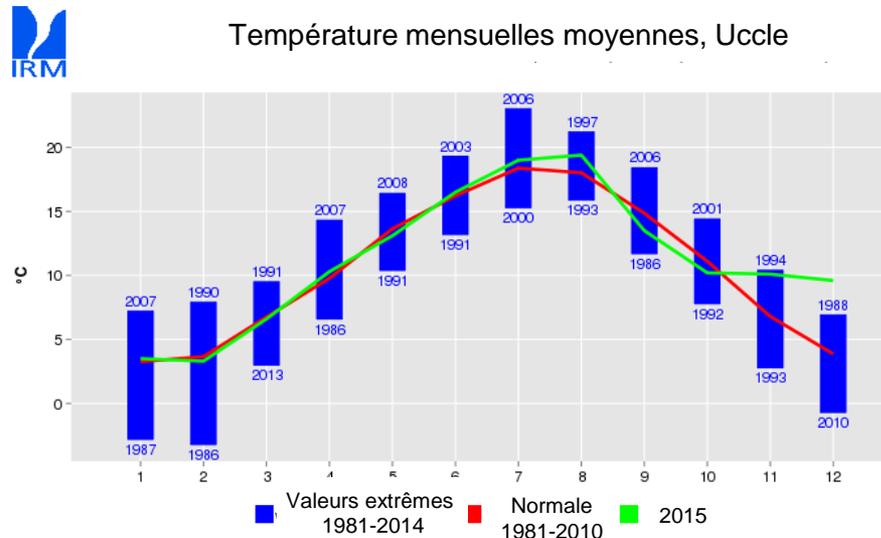
- ▶ Air ambiant
- ▶ Air extérieur

**Performance:**

- ▶ Température de l'air varie beaucoup au cours de l'année



⇒ Performances de la PAC varient aussi largement



19 SOURCES FROIDES: PAC AÉROTHERMIQUES

| +  | -   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Possibilité de fonctionner à basse ou haute température</li> <li>▶ Réversible</li> <li>▶ Pas de cheminée</li> <li>▶ Pas d'amenée de combustible</li> <li>▶ Large gamme de puissance</li> <li>▶ Peut être combiné à du PV</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Investissement plus élevé qu'une chaudière</li> <li>▶ Utilisation de fluides frigorigènes (effet serre)</li> <li>▶ Nécessite réseau électrique adapté</li> <li>▶ Appoint souvent nécessaire</li> <li>▶ Performance et puissance dépendantes des températures sources chaudes et froides, en baisse avec la T° ext.                     <ul style="list-style-type: none"> <li>➔ La performance et la puissance sont moindres lorsque la demande est importante.</li> </ul> </li> </ul> |



## 21 SOURCES FROIDES: PAC AÉROTHERMIQUES

Version monobloc



Source / Bron : Aermec

Version split



Grande puissance (200 kWth) Source / Bron : Aermec



Source / Bron : Aermec



## 22 SOURCES FROIDES: PAC AÉROTHERMIQUES

### Version hybride PAC aérothermique/chaudière gaz



Indoor unit

Outdoor unit

Source / Bron : Daikin

### Echangeur statique

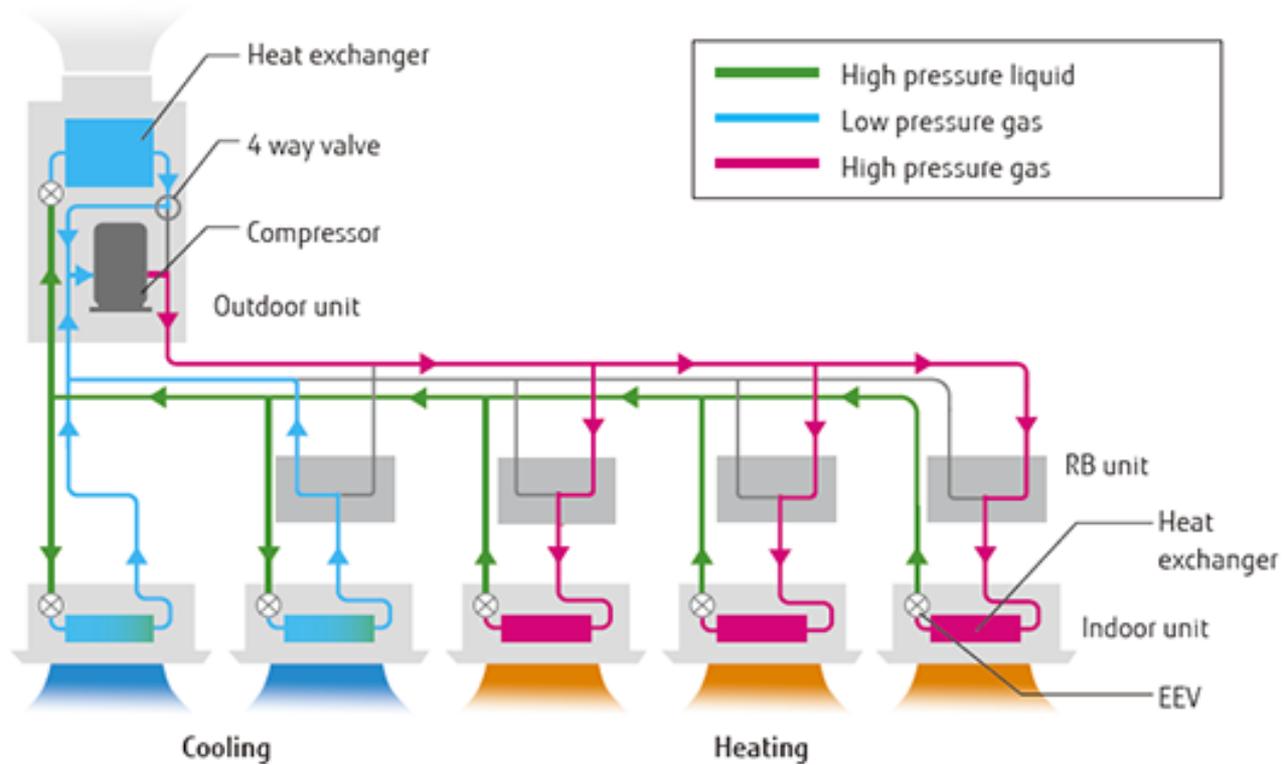


Source / Bron : HelioPac



# 23 SOURCES FROIDES: PAC AÉROTHERMIQUES

## VRF 3 tubes



Source/Bron : Fujitsu



**24 SOURCES FROIDES: PAC AÉROTHERMIQUES****Boiler thermodynamique**

| +  | -   |
|--|---|
| <ul style="list-style-type: none"><li>▶ Rendement élevé (comparé à un boiler électrique)</li></ul> | <ul style="list-style-type: none"><li>▶ Encombrement</li><li>▶ Besoins ECS limités</li><li>▶ Fonctionne sur l'air ambiant (refroidit l'ambiance), ou sur l'air extérieur si gainé.</li><li>▶ Plus bruyant qu'un boiler électrique</li></ul> |



Source / Bron : Öchsner

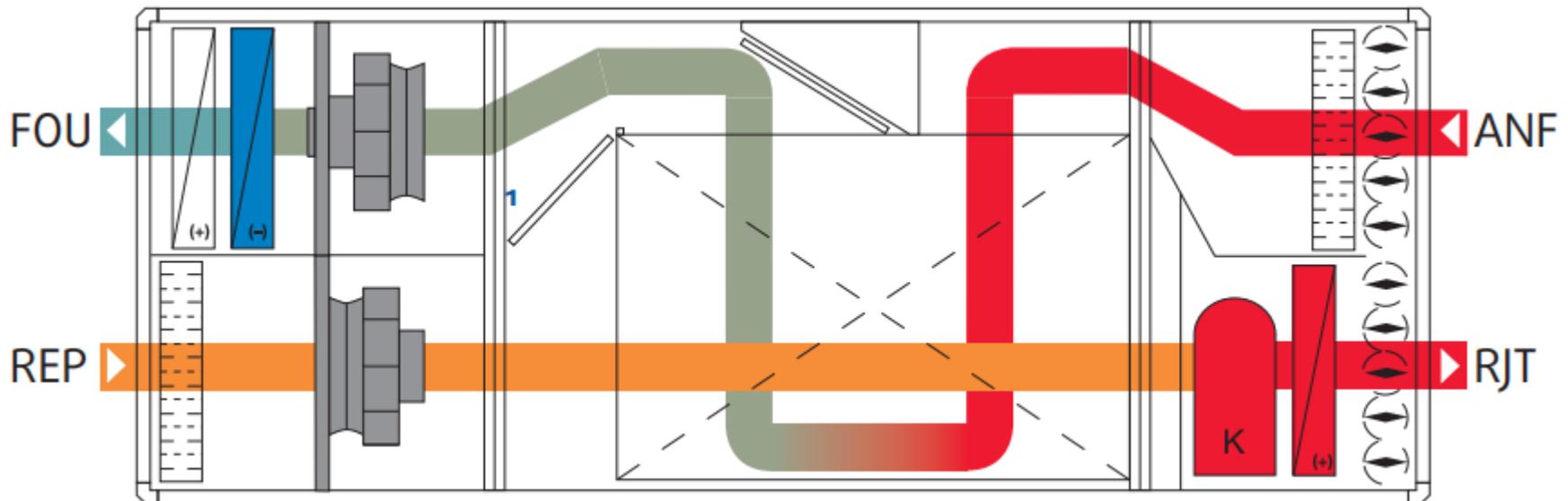


## 25 SOURCES FROIDES: PAC AÉROTHERMIQUES

**Pompe à chaleur à détente directe dans une centrale de traitement d'air**

En été, trois modes de fonctionnement possible :

- ▶ Si  $T_{\text{ext}} < T_{\text{int}}$  : L'échangeur est by-passé.  $T_{\text{neuf}} = T_{\text{ext}}$
- ▶ Si  $T_{\text{ext}} > T_{\text{int}}$  : L'échangeur de chaleur est utilisé pour « récupérer le froid » de l'air intérieur.  $T_{\text{neuf}} < T_{\text{ext}}$
- ▶ Si  $T_{\text{ext}} \gg T_{\text{int}}$  :
  - L'échangeur de chaleur est utilisé pour « récupérer le froid » de l'air intérieur,
  - Ensuite, le groupe de froid à détente directe intégré refroidit l'air neuf à la température souhaitée, et le déshumidifie si nécessaire.



PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT

## PRÉSENTATION DES TECHNOLOGIES

- ▶ Types
- ▶ **Sources froides**
  - ⇒ PAC aérothermique
  - ⇒ **PAC géothermique**

EMISSION

EAU CHAUDE SANITAIRES

RÉGULATION

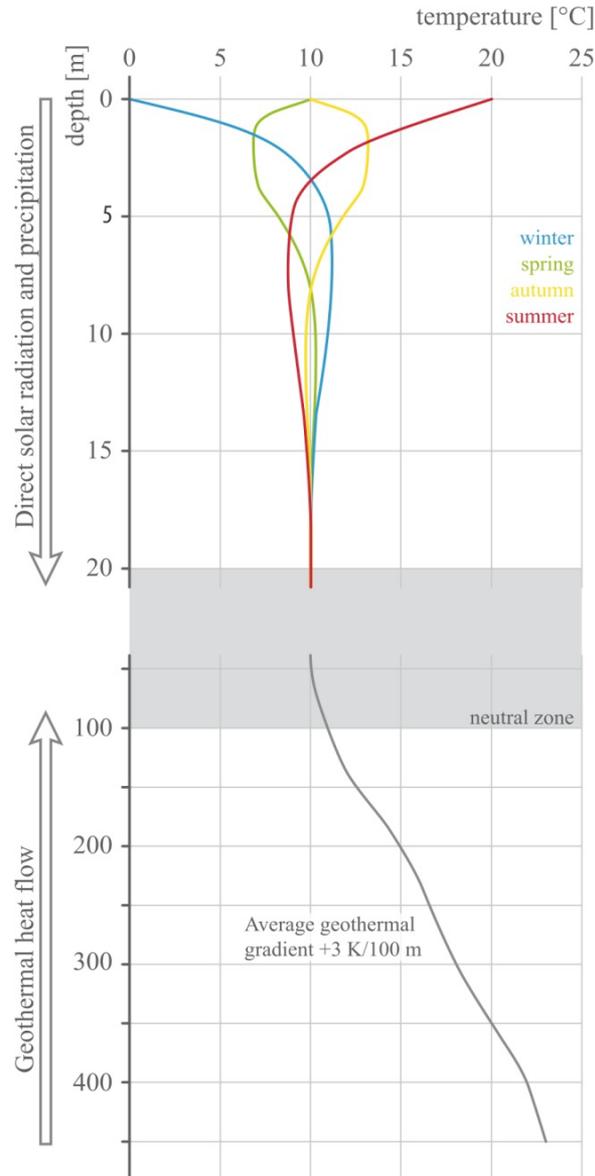
RÉVERSIBILITÉ ET SIMULTANÉITÉ

RÉGLEMENTATIONS ET SOUTIENS



27 SOURCES FROIDES: PAC GÉOTHERMIQUES

Température du sol :



**28 SOURCES FROIDES: PAC GÉOTHERMIQUES**

**Elles puisent la chaleur dans le sol ou l'eau d'une nappe par l'intermédiaire d'un réseau de capteurs ou de forages.**

**Capteurs horizontaux:**

- ▶ Enterrées à faible profondeur (0,6m à 1,2m)

**Capteurs verticaux (ouverts/fermés):**

- ▶ Quasi indépendant de la température extérieure
- ▶ Nécessite de réaliser des forages

**Corbeilles géothermiques:**

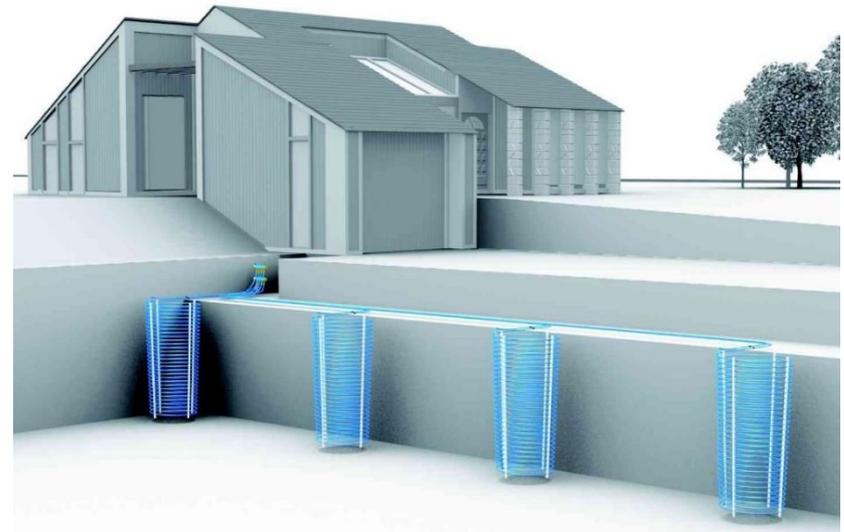
- ▶ Système alternatif

| +  | -  |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Efficacité élevée et « constante »</li> <li>▶ Plus silencieux à l'extérieur</li> <li>▶ Potentiel de geocooling</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Emprise échangeur extérieur</li> <li>▶ Puissance limitée à la surface de terrain disponible</li> <li>▶ Coût des sondes</li> <li>▶ Dimensionnement délicat (attention épuisement sol)</li> </ul> |



**29 SOURCES FROIDES: PAC GÉOTHERMIQUES****Pompe à chaleur géothermique – Panier**

→ 5 m

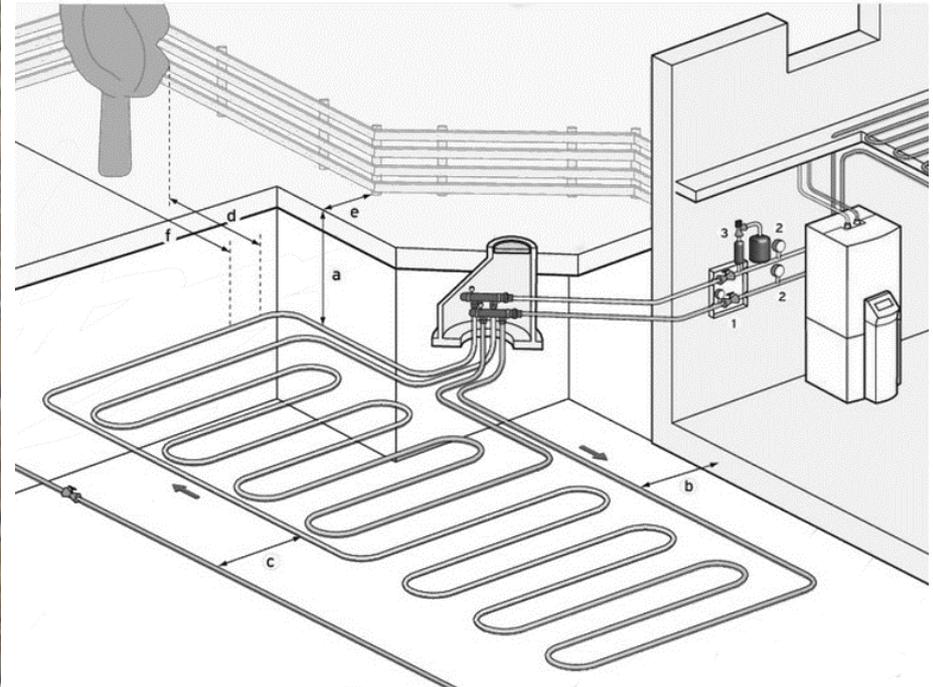
Source / Bron : <http://www.af-sa.ch/>

**30 SOURCES FROIDES: PAC GÉOTHERMIQUES****Pompe à chaleur géothermique – Sondes horizontales**

- ▶ 0,6 → 1,2 m sondes horizontales



Source / Bron : <http://www.af-sa.ch/>



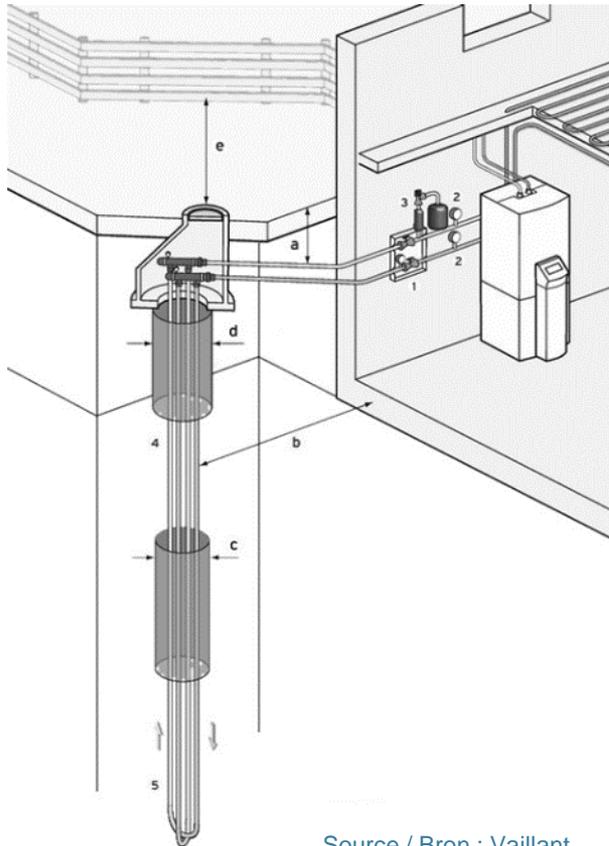
Source / Bron : Vaillant



# 31 SOURCES FROIDES: PAC GÉOTHERMIQUES

## Pompe à chaleur géothermique – Sondes verticales

► → 100-300 m

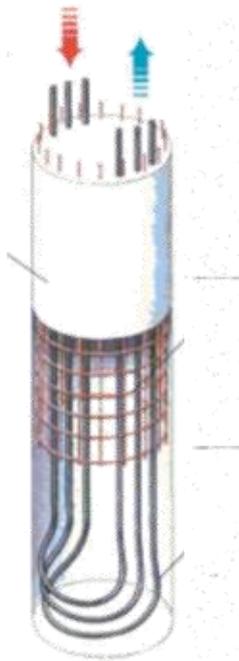


Source / Bron : Vaillant



**32 SOURCES FROIDES: PAC GÉOTHERMIQUES****Pompe à chaleur géothermique – Pieux géothermiques**

- ▶ → 10-30 m



Crèche de l'île aux oiseaux de Mons



Source / Bron : EnergiePlus

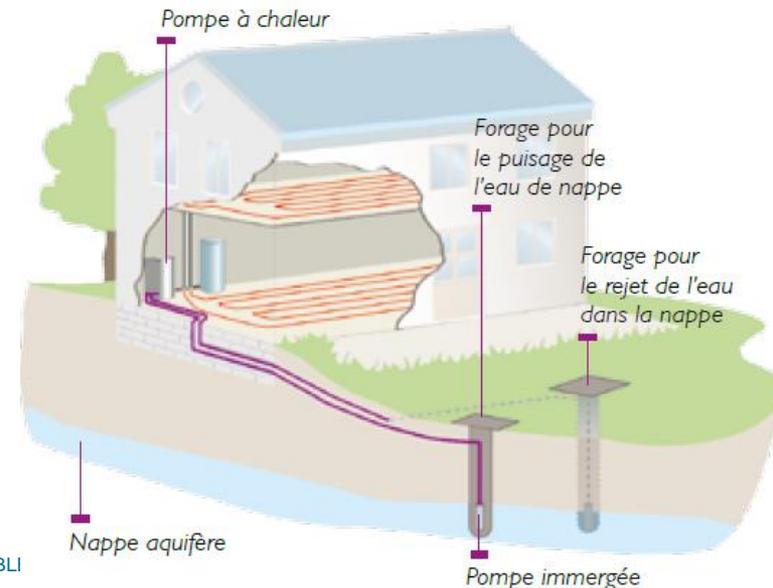


## 33 SOURCES FROIDES: PAC GÉOTHERMIQUES

### PAC sur nappe phréatique:

- ▶ Chaleur contenue dans l'eau de nappes aquifères captée par forage.
- ▶ Nécessitent 1 ou 2 forages:
  - Forages soumis à des réglementations régionales.
- ▶ Débit d'eau puisé dans la nappe doit être suffisant et stable dans le temps
- ▶ Systèmes à un seul forage:
  - Eau de nappe prélevée est rejetée dans une rivière, un réseau d'eaux pluviales...
- ▶ Système à deux forages:
  - 2<sup>ème</sup> forage sert à réinjecter l'eau utilisée dans la nappe.
  - Evite le gaspillage de l'eau souterraine.

| +   | -   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Pour les puissances élevées (collectivités, chauffage urbain)</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>▶ Coût des études</li> <li>▶ Coûts des forages</li> <li>▶ Nécessite une distance importante entre forages</li> </ul> |



**34** SOURCES FROIDES: EAUX DE SURFACES**Mais aussi...**

- Sur rivière, canal, lac...
- Eau des égouts (=riothermie)
- Chaleur fatale



**35** FACTEUR DE PERFORMANCE SAISONNIER

On peut s'attendre aux SPF suivants pour des installations correctement dimensionnées et régulées avec PAC modulante :

| TYPE DE POMPE A CHALEUR | FPS (HT:55°C) | Rendement sur énergie primaire | FPS (BT:35°C) | Rendement sur énergie primaire |
|-------------------------|---------------|--------------------------------|---------------|--------------------------------|
| AIR – AIR               | /             | /                              | 4             | 160%                           |
| AIR – EAU               | 3,1           | 124%                           | 4,2           | 168%                           |
| SOL <sub>H</sub> – EAU  | 3,2           | 128%                           | 4,6           | 184%                           |
| SOL <sub>V</sub> – EAU  | 4,3           | 172%                           | 5,1           | 204%                           |

**Attention :** plusieurs manières de calculer/mesurer le FPS !

**Sources :** Valeurs des FPS W35DT5K et W55DT5K issues des données de plusieurs fabricants selon les conditions de tests de la EN14511 et selon la EN14825 pour la méthode de calcul des rendements saisonniers.



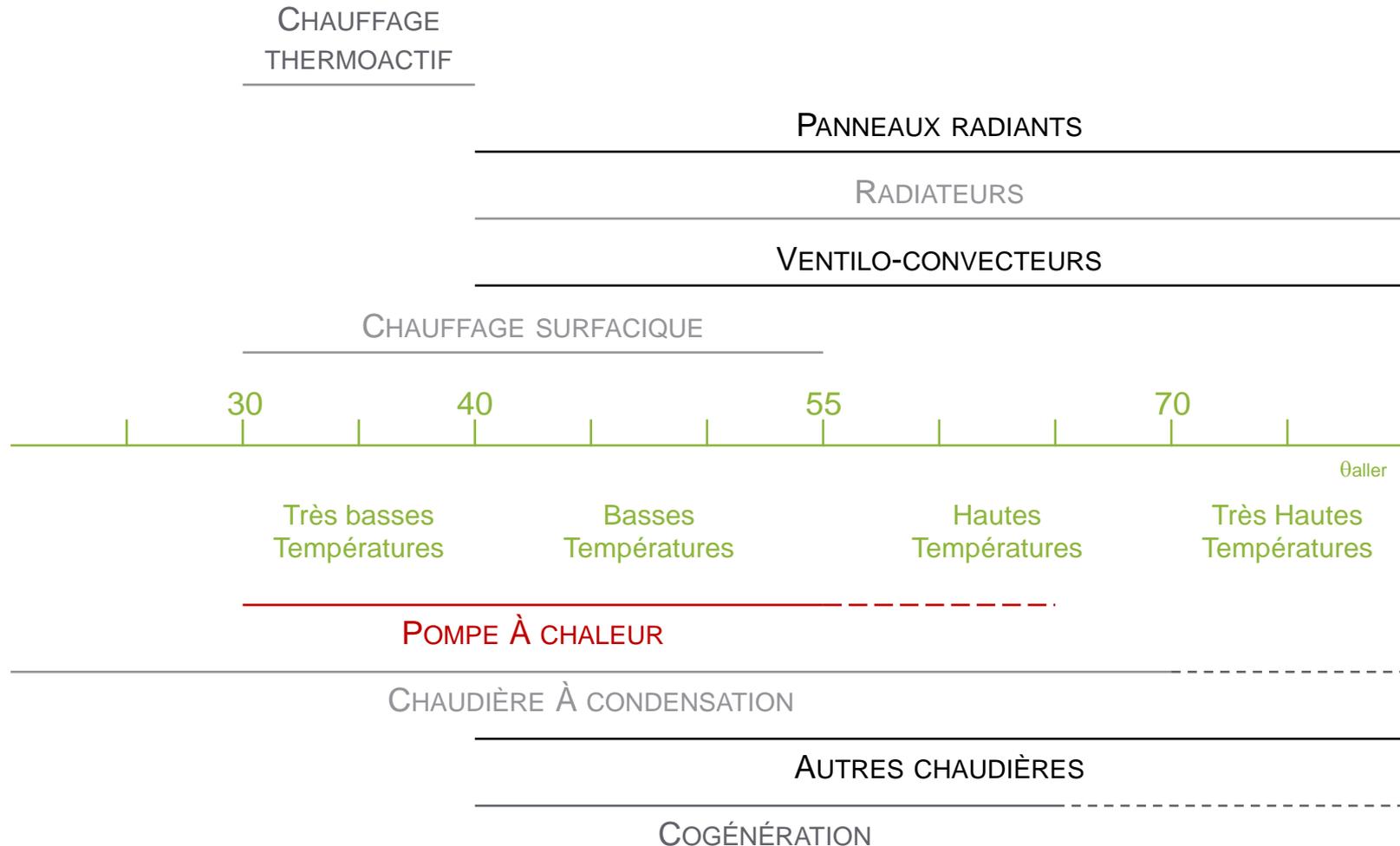
PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT  
PRÉSENTATION DES TECHNOLOGIES

**EMISSION**

EAU CHAUDE SANITAIRES  
RÉGULATION  
RÉVERSIBILITÉ ET SIMULTANÉITÉ  
RÉGLEMENTATIONS ET SOUTIENS



## Compatibilité émission / production



## Et en refroidissement ?

- ▶ Il existe habituellement 2 régimes de température :

- 7/12°C « refroidissement »,

- ⇒ production de condensats

- 16/18°C → « rafraîchissement »,

- ⇒ sans production de condensat,

- ⇒ puissance limitée,

- ⇒ compatible au refroidissement passif

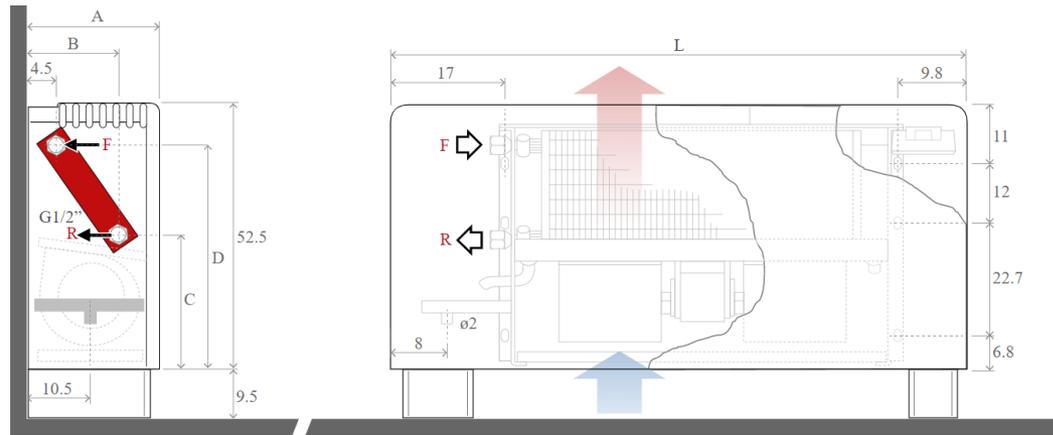
- ▶ Emetteurs compatibles :

- Identiques au chauffage excepté les radiateurs,
- Doivent être prévus et dimensionnés pour la production de froid, et éventuellement la gestion des condensats,
- Éventuellement réversibles chaud/froid, bi-tube ou 4-tubes



### Dimensionnement ?

- ▶ La température de départ a une forte influence sur la puissance d'émission.
- ▶ Exemple pour un ventilo-convecteur réversible :



| Type | Hauteur<br>[cm] | Longueur<br>[cm] | Largeur<br>[cm] | Position | CHAUFFER            | CHAUFFER            | CHAUFFER            | CHAUFFER            | LIGHT COOLING<br>Non condensant | DEEP COOLING<br>Total          | DEEP COOLING<br>sensible       |
|------|-----------------|------------------|-----------------|----------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------------------|--------------------------------|--------------------------------|
|      |                 |                  |                 |          | 75/65/20<br>[Watts] | 55/45/20<br>[Watts] | 45/35/20<br>[Watts] | 35/30/20<br>[Watts] | 16/18/27<br>50% R.V.<br>[Watts] | 7/12/27<br>50% R.V.<br>[Watts] | 7/12/27<br>50% R.V.<br>[Watts] |
| 02   | Tous            | Tous             | Tous            | max      | 4000                | 2386                | 1571                | 990                 | 769                             | 1833                           | 1304                           |

Source / Bron : Jaga



### Dimensionnement ?

- ▶ La température de départ a une forte influence sur la puissance d'émission.
  - ⇒ En rénovation, le passage d'un système de production à haute température vers une pompe à chaleur implique de s'assurer que le système d'émission est suffisamment puissant.
  
- ▶ Exemple pour les radiateurs :

Tableau D.1 Valeurs de  $\Phi/\Phi_{n50}$  à diverses températures ambiantes et diverses températures d'eau pour un débit nominal (exposant  $n = 1,3$ ) (suite).

| Température de l'eau de départ $\theta_{w,d}$ (°C) | Température ambiante $\theta_a$ (°C) | Température de l'eau de retour $\theta_{w,r}$ (°C) |      |      |      |      |    |    |    |    |    |    |    |  |
|--|--------------------------------------|--|------|------|------|------|----|----|----|----|----|----|----|--|
|  |                                      | 30   | 35   | 40   | 45   | 50   | 55 | 60 | 65 | 70 | 75 | 80 | 85 |  |
| 55   | 24                                   | 0,21   | 0,29 | 0,36 | 0,42 | 0,48 |    |    |    |    |    |    |    |  |
|  | 22                                   | 0,26   | 0,33 | 0,40 | 0,47 | 0,53 |    |    |    |    |    |    |    |  |
|  | 20                                   | 0,30   | 0,38 | 0,45 | 0,51 | 0,57 |    |    |    |    |    |    |    |  |
|  | 18                                   | 0,35   | 0,42 | 0,49 | 0,56 | 0,62 |    |    |    |    |    |    |    |  |
|  | 16                                   | 0,40   | 0,47 | 0,54 | 0,60 | 0,67 |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 50   | 24                                   | 0,19   | 0,26 | 0,32 | 0,37 |      |    |    |    |    |    |    |    |  |
|  | 22                                   | 0,23   | 0,30 | 0,36 | 0,42 |      |    |    |    |    |    |    |    |  |
|  | 20                                   | 0,27   | 0,34 | 0,40 | 0,46 |      |    |    |    |    |    |    |    |  |
|  | 18                                   | 0,31   | 0,38 | 0,44 | 0,50 |      |    |    |    |    |    |    |    |  |
|  | 16                                   | 0,36   | 0,42 | 0,49 | 0,55 |      |    |    |    |    |    |    |    |  |
| 45   | 24                                   | 0,16   | 0,22 | 0,27 |      |      |    |    |    |    |    |    |    |  |
|  | 22                                   | 0,20   | 0,26 | 0,31 |      |      |    |    |    |    |    |    |    |  |
|  | 20                                   | 0,24   | 0,30 | 0,35 |      |      |    |    |    |    |    |    |    |  |
|  | 18                                   | 0,28   | 0,34 | 0,40 |      |      |    |    |    |    |    |    |    |  |
|  | 16                                   | 0,32   | 0,38 | 0,44 |      |      |    |    |    |    |    |    |    |  |

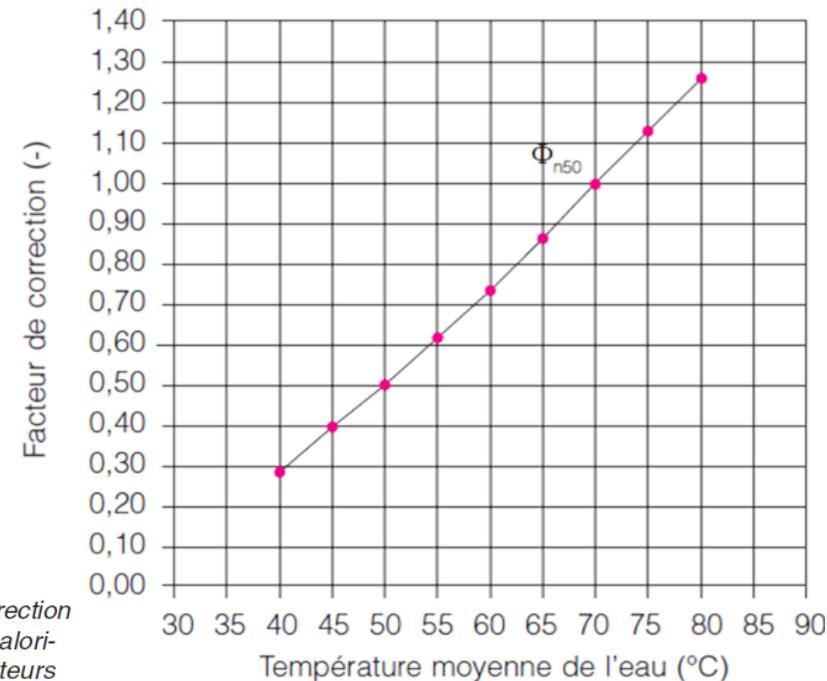
$$\Phi/\Phi_{n50} = (\Delta\theta_m/49,83)^n$$

où :

$$\Delta\theta_m = (\theta_{w,d} - \theta_{w,r}) / \ln[(\theta_{w,d} - \theta_a) / (\theta_{w,r} - \theta_a)]$$

Fig. 11

Facteur de correction de l'émission calorifique des radiateurs d'un local à 20 °C.



Source / Bron : CSTC, Rapport 14



PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT  
PRÉSENTATION DES TECHNOLOGIES  
EMISSION  
**EAU CHAUDE SANITAIRE**  
RÉGULATION  
RÉVERSIBILITÉ ET SIMULTANÉITÉ  
RÉGLEMENTATIONS ET SOUTIENS



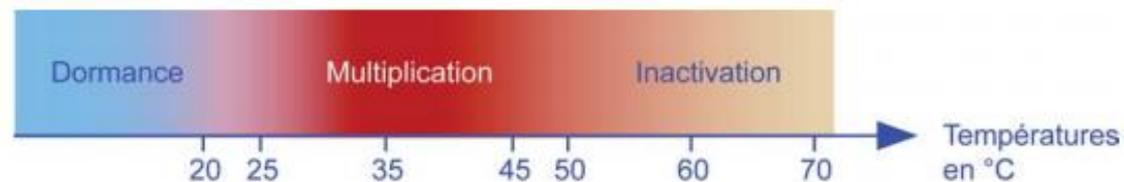
## Particularités de la production d'ECS

- Besoin :

|                                  | Evier     | Lavabo    | Bain    | Douche  |
|----------------------------------|-----------|-----------|---------|---------|
| Température de puisage (NBN 345) | 55°C      | 40°C      | 40°C    | 40°C    |
| Débit de puisage (DIN 1988-300)  | 4,2 l/min | 4,2 l/min | 9 l/min | 9 l/min |

- Hygiène : limiter la prolifération des légionnelles

*La température est un facteur essentiel conditionnant le développement des légionnelles*



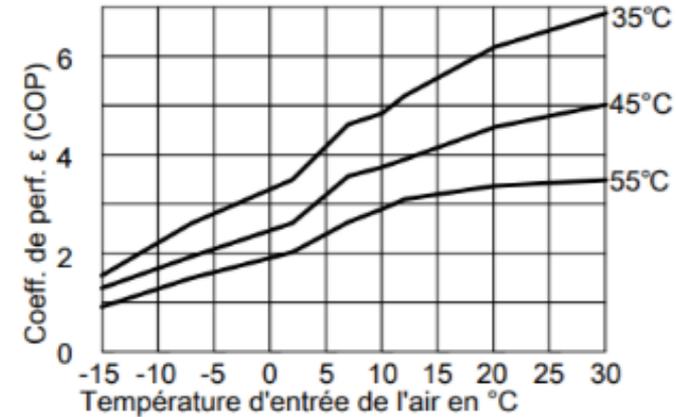
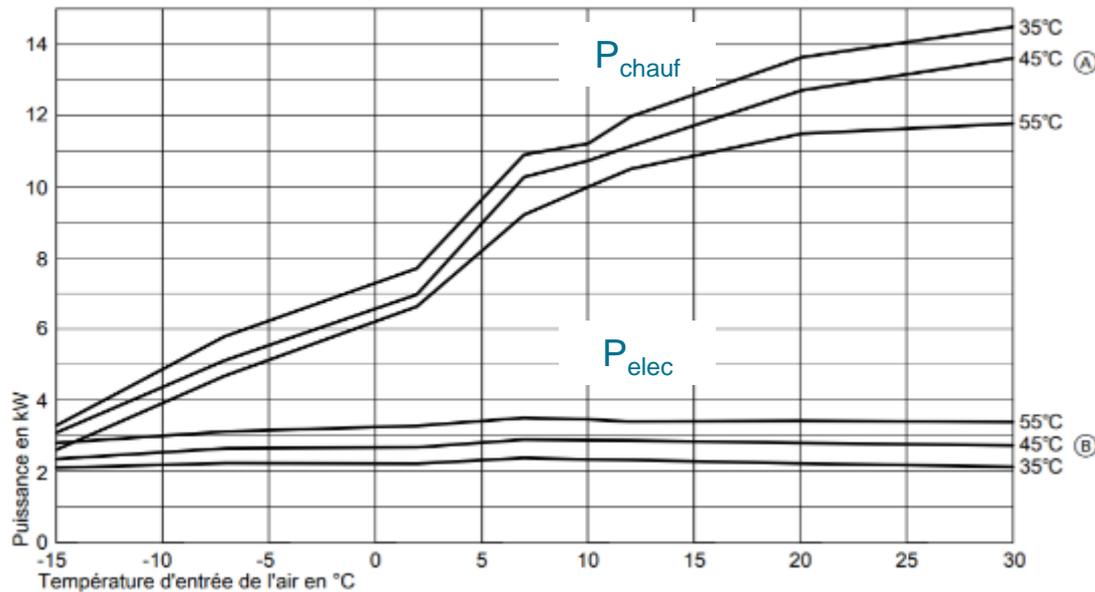
▲ Figure 13 : La croissance des légionnelles en fonction de la température. L'optimum de croissance se situe entre 25 et 45°C environ.

Source/Bron : Guide installations d'eau chaude sanitaire, règles de l'art Grenelle Environnement 2012

⇒ **Température de production ~ 60°C**



## Importance du régime de température sur les performances d'un PAC



- ▶ La performance (COP) et la puissance dépendent de la différence de température entre les sources chaude et froide
- ▶ La température de production de l'ECS est généralement de 55-60°C
  - ⇒ les performances sont dégradées
  - ⇒ prévoir une pompe à chaleur adaptée



**Différentes solutions existent :**

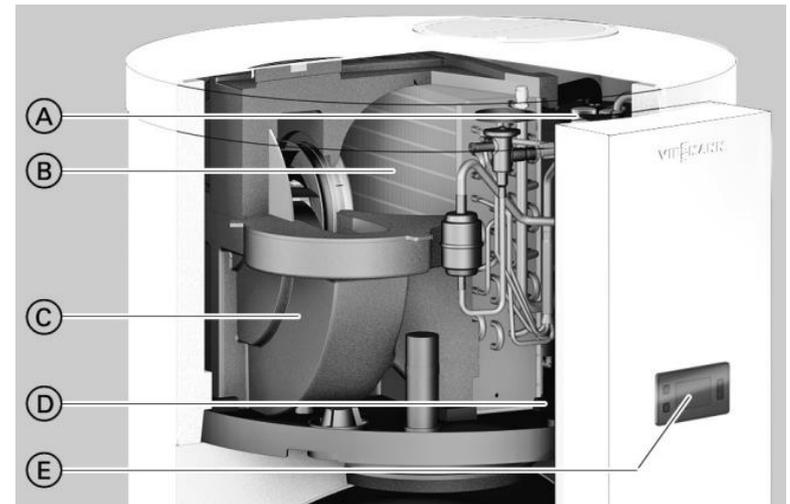
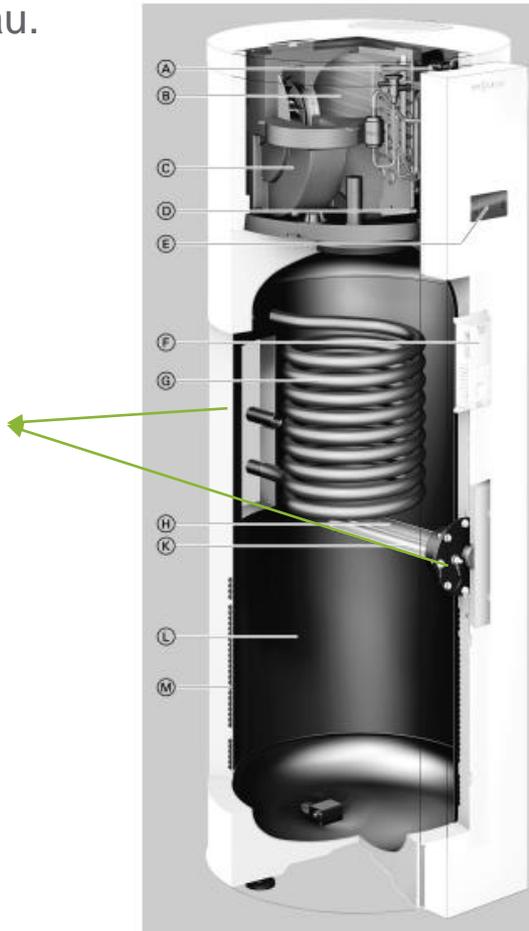
- ▶ le ballon thermodynamique,
  - Avec appoint électrique
  - Avec appoint par chaudière
  - Avec appoint solaire
- ▶ la PAC haute température dédiée (aéro- ou géo- thermique),
- ▶ la PAC mixte chauffage/ECS



## Ballon thermodynamique - Principe

- Équipement indépendant de production d'eau chaude sanitaire (ECS) associant un volume de stockage et une petite PAC dédiée au chauffage de cette eau.

Peut être combiné à  
du solaire  
photovoltaïque ou  
thermique



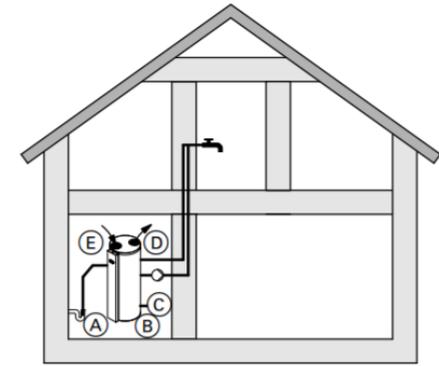
- (A) Compresseur
- (B) Evaporateur
- (C) Ventilateur
- (D) Séparateur de liquide
- (E) Module de commande
- (F) Régulation de pompe à chaleur
- (G) Type T2H-ze uniquement :  
échangeur de chaleur pour le raccordement d'un générateur de chaleur externe
- (H) Système chauffant électrique (intégré pour le type T2E-ze,  
accessoire pour le type T2H-ze)
- (K) Anode de protection au magnésium
- (L) Préparateur d'eau chaude sanitaire
- (M) Condenseur



## Ballon thermodynamique - Source froide

- ▶ **Air ambiant d'un local non chauffé :**
  - Profite en hiver de  $T^\circ$  plus élevées que sur air extérieur
  - MAIS prélève une partie de l'énergie en volume chauffé (car l'espace adjacent non chauffé (EANC) est indirectement chauffé par le volume adjacent)
  
- ▶ **Air extrait de la ventilation :**
  - Lié à la ventilation → débit d'air plus faible que pour les autres types d'appareils (200 m<sup>3</sup>/h à 350 m<sup>3</sup>/h)
  - $T^\circ$  moyenne de la source froide plus élevée

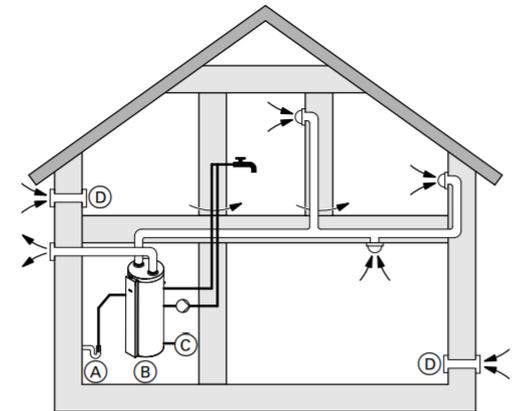
Représentation système pour une utilisation sur air ambiant



Exemple avec le type T2E-ze

- (A) Evacuation des condensats
- (B) Vitocal 262-A
- (C) Raccordement eau froide
- (D) Sortie d'air
- (E) Arrivée d'air

Représentation système pour une utilisation sur air évacué



Exemple avec le type T2E-ze

- (A) Evacuation des condensats
- (B) Vitocal 262-A
- (C) Raccordement eau froide
- (D) Air extérieur



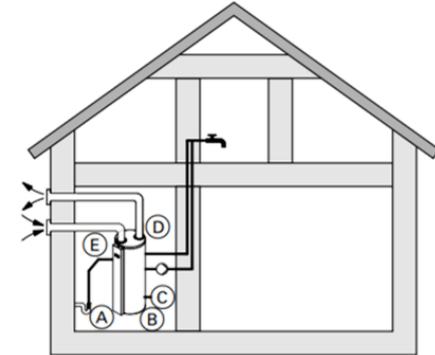
## Ballon thermodynamique - Source froide

- ▶ **Air extérieur :**
  - Débit d'air non limité
  - T° moyenne de la source froide plus faible en hiver (performance moindre)
  - Pas d'incidence sur l'ambiance du bâtiment

## Solaire thermique

- ▶ Exemple : 6m<sup>2</sup> de capteurs plans pour un volume de 300 litres

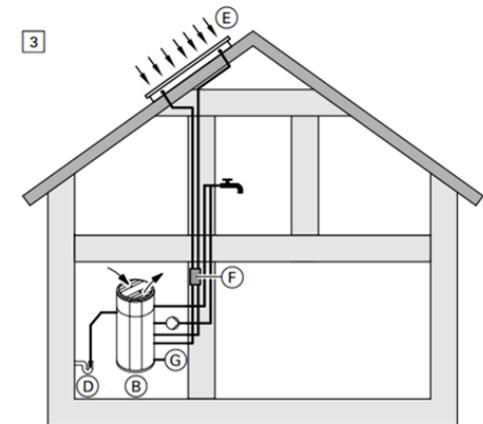
Représentation système pour une utilisation sur air extérieur



Exemple avec le type T2E-ze

- (A) Evacuation des condensats
- (B) Vitocal 262-A
- (C) Raccordement eau froide
- (D) Sortie d'air vers l'extérieur
- (E) Arrivée d'air depuis l'extérieur

Type WWKS (avec utilisation de l'énergie solaire)



- (B) Vitocal 160-A, type WWKS (pour le mode à circulation d'air)
- (D) Evacuation des condensats
- (E) Capteurs solaires
- (F) Divicon solaire
- (G) Raccordement eau froide



## Boiler thermodynamique – Exemple



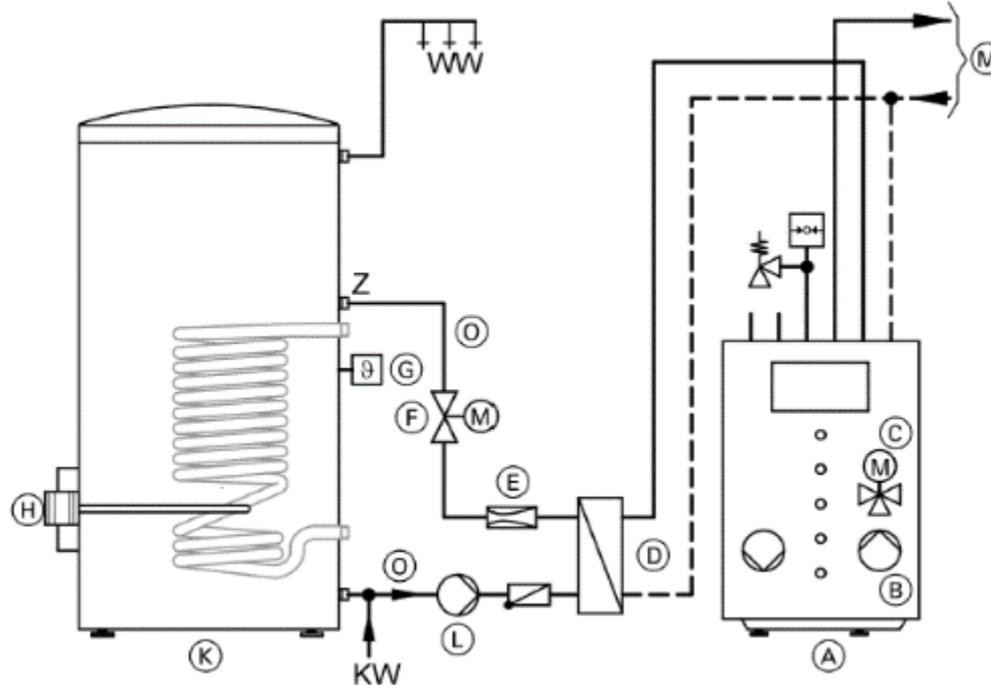
Source /Bron : Ecorce



## CHOIX DU SYSTÈME

## PAC Mixte - Principe

- ▶ Principalement air/eau ou eau glycolée/eau
- ▶ Couplé à un ballon à échangeur à serpentin pour la production d'ECS (Attention, différent d'un éventuel ballon tampon pour le chauffage)

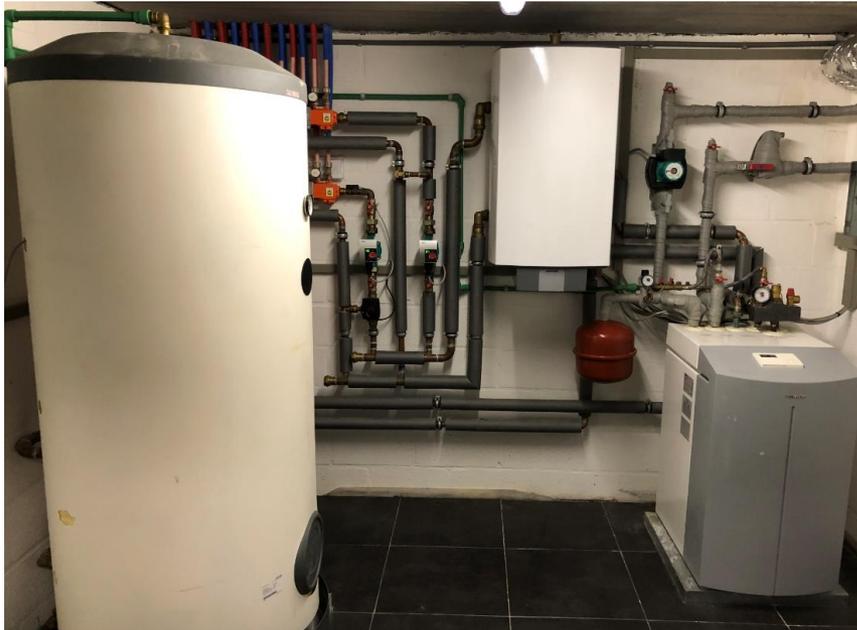


Source /Bron : Viessmann



## Exemple

- ▶ Pompe à chaleur eau glycolée/eau (13kW) avec ballon tampon + préparateur ECS



## Exemple

- ▶ Pompe à chaleur eau glycolée/eau uniquement ECS



PAC ECS : 4,8 kW

PAC chauffage :  
9,7 kW



PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT  
PRÉSENTATION DES TECHNOLOGIES  
EMISSION  
EAU CHAUDE SANITAIRE  
**RÉGULATION**  
RÉVERSIBILITÉ ET SIMULTANÉITÉ  
RÉGLEMENTATIONS ET SOUTIENS



## 53 PRINCIPE DE MONOVALENCE ET DE BIVALENCE

### Fonctionnement monovalent:

- ▶ La PAC est l'unique producteur de chaleur
- ▶ La PAC couvre tous les besoins en énergie de chauffage du bâtiment

### Fonctionnement bivalent:

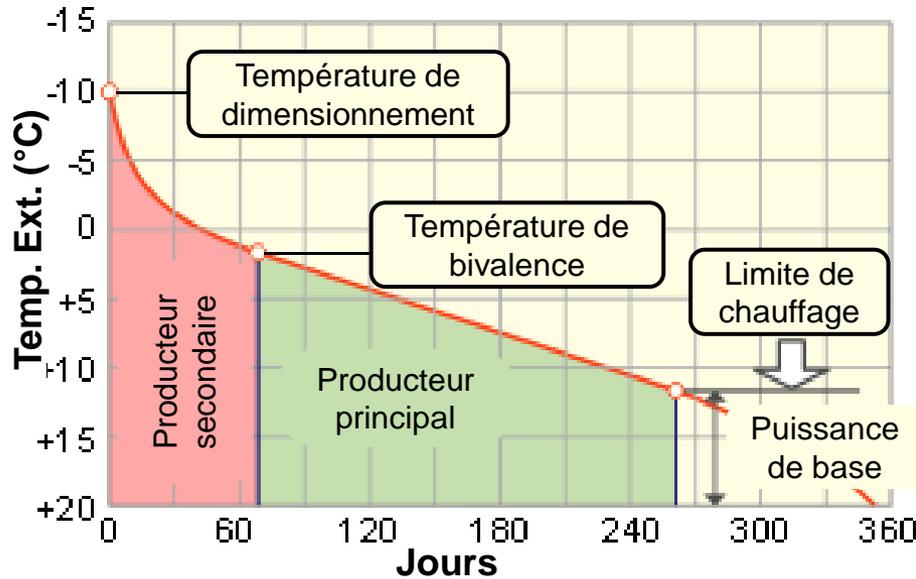
- ▶ En plus de la PAC, un producteur de chaleur supplémentaire est à disposition (chaudière, résistance électrique...)
- ▶ Bivalent-parallèle:  $T_{\text{ext}} < T_{\text{bivalence}} \rightarrow$  2 producteurs travaillent parallèlement
  - Si point de bivalence situé à 50 % de la puissance de dimensionnement, 80 à 90 % du besoin annuel de chaleur peut être couvert par la PAC
- ▶ Bivalent-alternatif =  $T_{\text{ext}} < T_{\text{bivalence}} \rightarrow$  basculement entre les 2 producteurs



# 54 PRINCIPE DE MONOVALENCE ET DE BIVALENCE

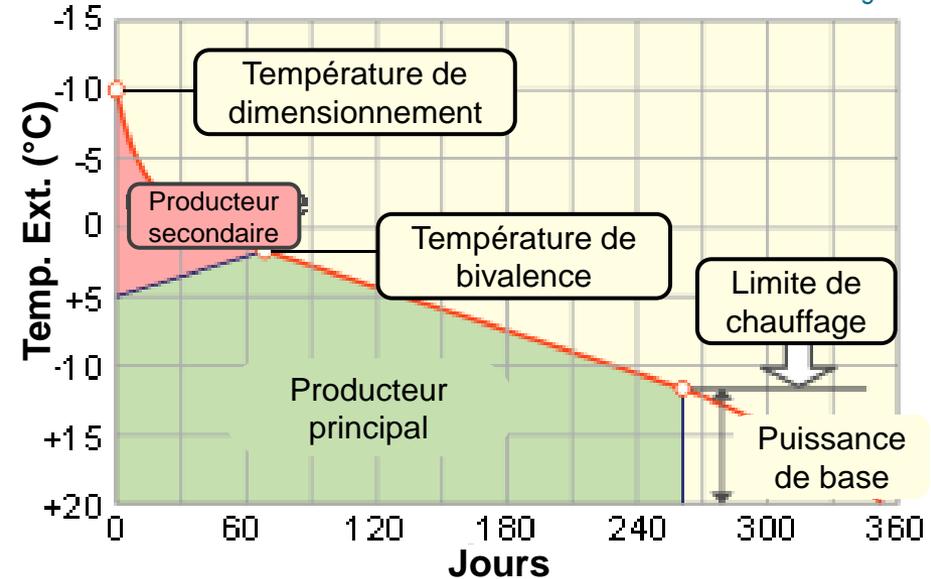
## Modes de fonctionnement

Alternatif



Parallèle

Source : EnergiePlus



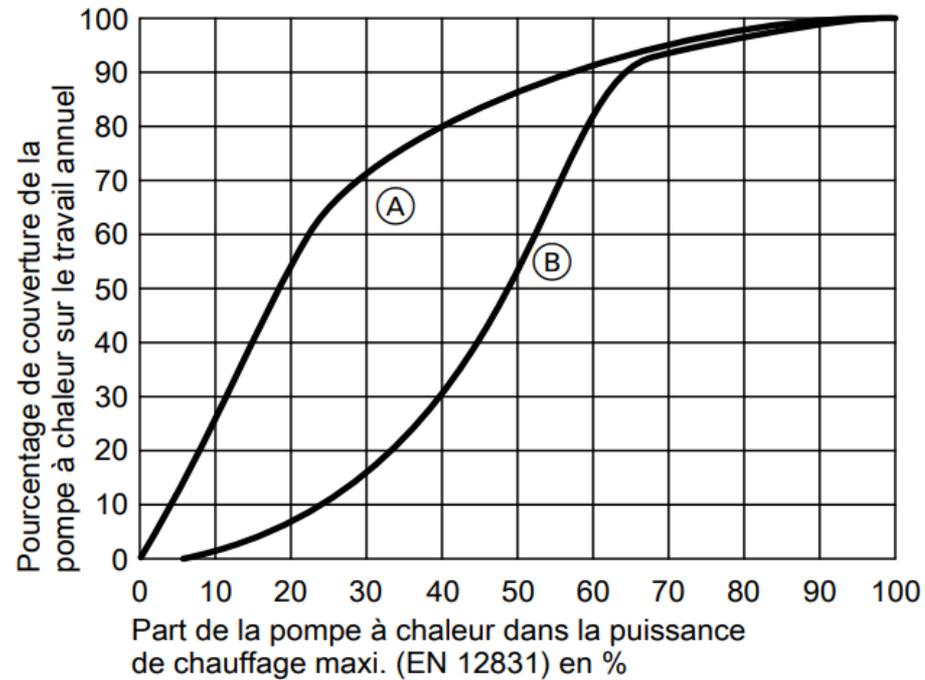
- ▶ Producteur secondaire dimensionné sur la puissance totale
- ▶ Performance importante nécessaire du système secondaire (pas d'électricité)
- ⇒ **Gros bâtiment (investissement dans 2 systèmes)**
- ⇒ **Ajout d'une PAC dans une installation existante**

- ▶ Producteur secondaire considéré comme « appoint »



# 55 PRINCIPE DE MONOVALENCE ET DE BIVALENCE

## Part de production



A : Fonctionnement parallèle  
 B : Fonctionnement alternatif

Source/Bron : Viessmann

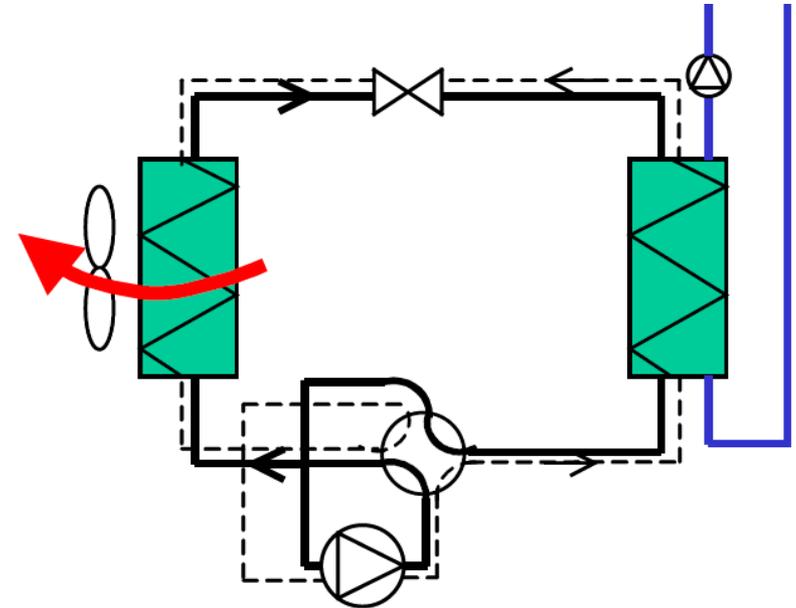
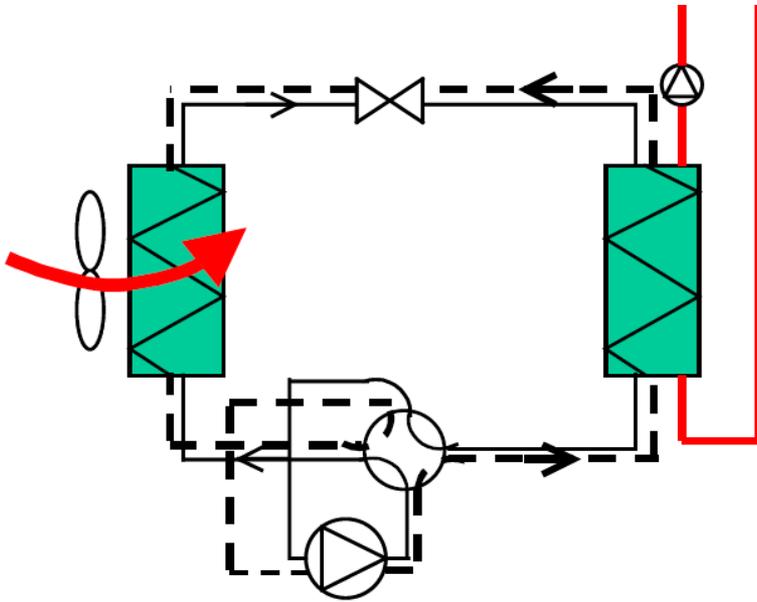


PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT  
PRÉSENTATION DES TECHNOLOGIES  
EMISSION  
EAU CHAUDE SANITAIRE  
RÉGULATION  
**RÉVERSIBILITÉ ET SIMULTANÉITÉ**  
RÉGLEMENTATIONS ET SOUTIENS



**Réversibilité:**

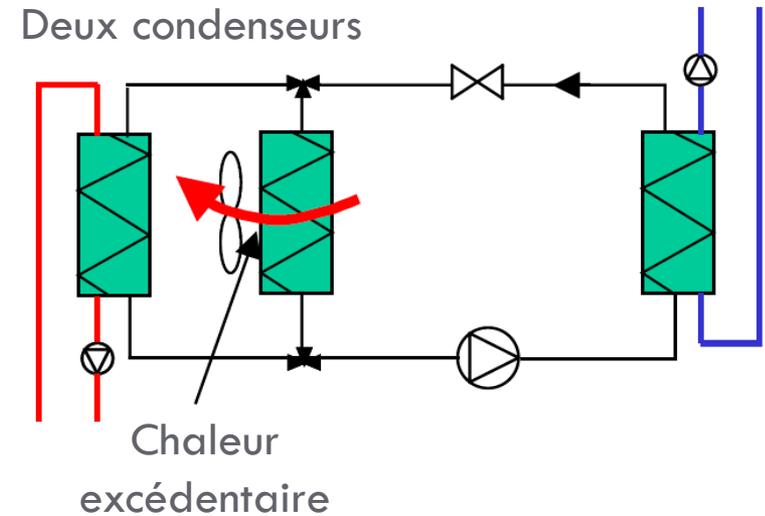
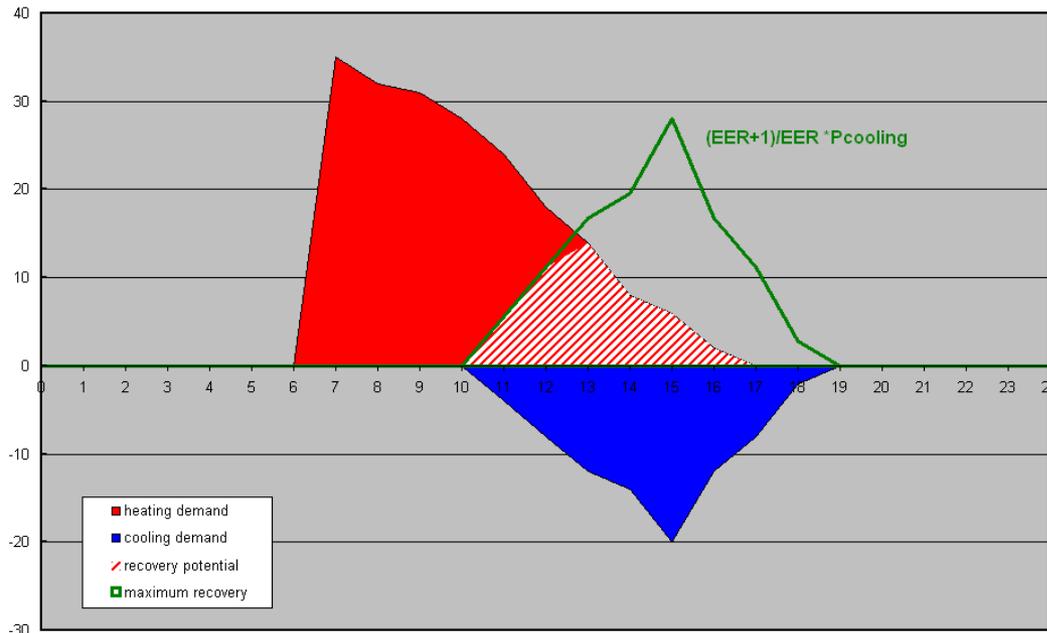
- ▶ PAC peut fonctionner:
  - En chauffage
  - En refroidissement/rafraîchissement
  
- ▶ Utilisation d'une vanne 4 voies (vanne d'inversion de cycle)



## SIMULTANÉITÉ

**Possibilité de récupération de chaleur lorsqu'une installation est en demande simultanée de chauffage et de refroidissement:**

- ▶ Exemple local informatique et bureau
- ▶ Deux condenseurs sont nécessaires



PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT  
PRÉSENTATION DES TECHNOLOGIES  
SOURCES CHAUDES  
EAU CHAUDE SANITAIRES  
RÉGULATION  
RÉVERSIBILITÉ ET SIMULTANÉITÉ

## **RÉGLEMENTATIONS ET SOUTIENS**

- ▶ Label & Ecodesign
- ▶ PEB
- ▶ Autres Règlements
- ▶ Soutiens financiers



A partir du 26/09/2015, les directives relatives à l'**écoconception** et à l'**étiquetage** énergétique sont entrées en vigueur pour les appareils de production de chaleur pour le chauffage et l'ECS (appareils de petite taille dont la **puissance thermique nominale  $\leq 400$  kW** non alimentés par de la biomasse).

Ces directives ont été complétées par des règlements délégués :

- ▶ 811/2013 (étiquetage) et 813/2013 (éco-conception) :  
**chauffage** par boucle d'eau, y compris les appareils mixtes produisant l'ECS
- ▶ 812/2013 (étiquetage) et 814/2013 (éco-conception) :  
**chauffe-eaux** et aux ballons d'eau chaude
- ▶ 206/2012 (éco-conception) :  
climatiseurs de moins de 12 kW (fluide caloporteur = air)



## Etiquetage : règlements européens 811/2013 et 812/2013

### Toutes les PAC

- ▶ mises sur le marché et/ou en service depuis le **26 septembre 2015**
- ▶ d'une puissance thermique nominale  $\leq 70$  kW
- ▶ destinées à la production
  - de **chauffage** uniquement
  - **combinée** de chauffage et d'eau chaude sanitaire
  - d'**eau chaude sanitaire** uniquement

doivent être munies d'une **étiquette** caractérisant leurs performances

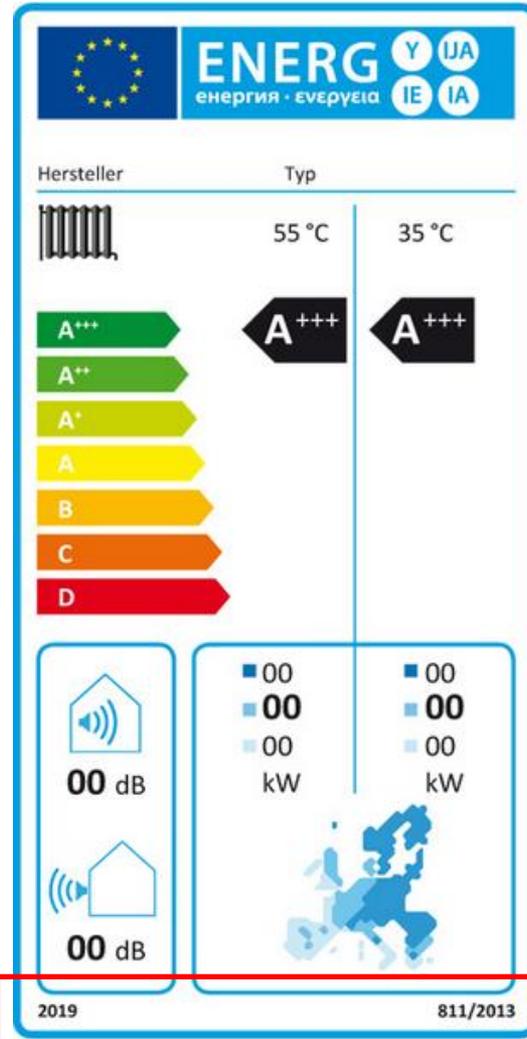
- ▶ Énergétiques
- ▶ Acoustiques

⇒ **Chaque label correspond à une plage de rendement définie qui dépend de l'usage : ECS, chauffage basse température, chauffage haute température**



## Etiquette PAC chauffage

Nom fabricant et modèle



Label

- basé sur le SPF
- dépend de la température de l'eau de chauffage (moyenne et basse)

Niveau de bruit  
(intérieur et extérieur)

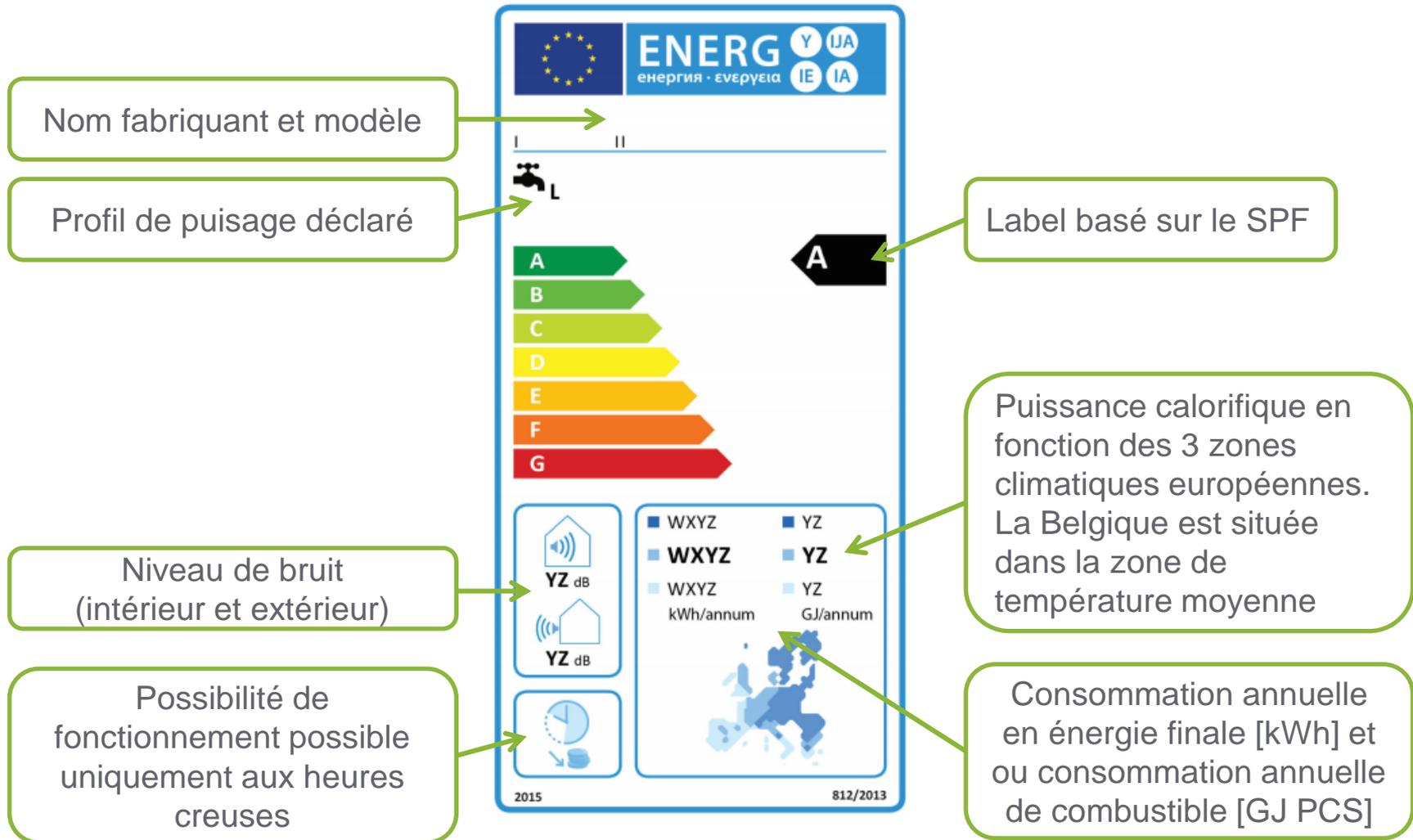


Puissance calorifique en fonction des 3 zones climatiques européennes. La Belgique est située dans la zone de température moyenne

**Etiquette 2019**

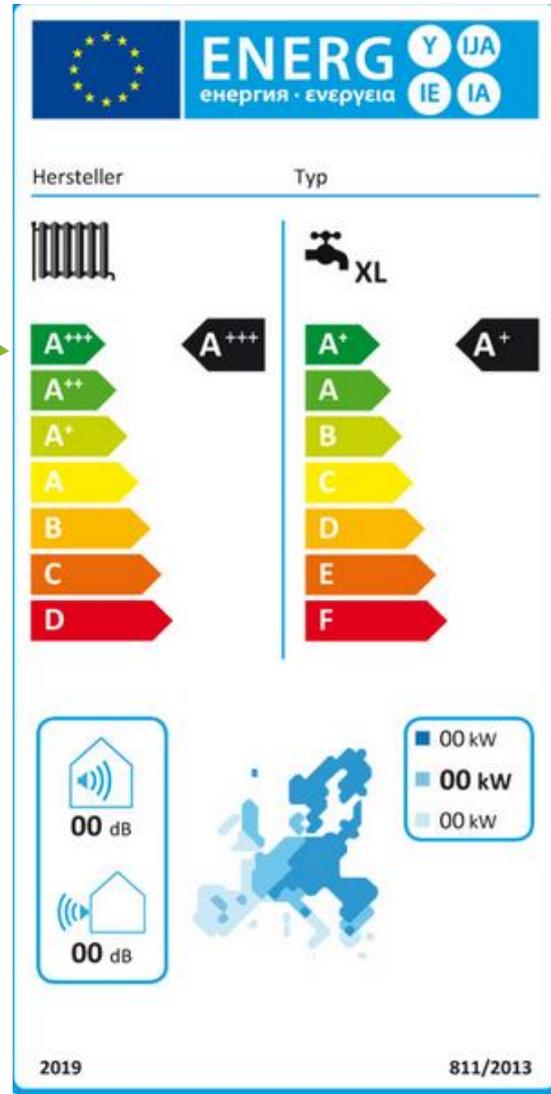


## Etiquette PAC ECS



## Etiquette PAC chauffage + ECS

Label pour le chauffage à température moyenne



PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT  
PRÉSENTATION DES TECHNOLOGIES  
SOURCES CHAUDES  
EAU CHAUDE SANITAIRES  
RÉGULATION  
RÉVERSIBILITÉ ET SIMULTANÉITÉ

## **RÉGLEMENTATIONS ET SOUTIENS**

- ▶ PAC = SER ?
- ▶ Label & Ecodesign
- ▶ **PEB**
- ▶ Autres Règlements
- ▶ Soutiens financiers



## La PEB est divisée en trois volets distincts :

- ▶ La PEB chauffage et climatisation
- ▶ La PEB travaux
- ▶ Certification PEB



## PEB Chauffage & Climatisation

- ▶ <https://environnement.brussels/thematiques/batiment-et-energie/obligations/la-performance-energetique-des-batiments-peb/chauffage-3>

### Quand est-on concerné par ces obligations?

Vous êtes concerné par la réglementation chauffage et climatisation PEB si vous **possédez ou installez** :

- ⊕ une chaudière au gaz ou au mazout ;
- ⊕ un chauffe-eau au gaz ;
- ⊕ un système de climatisation avec une puissance frigorifique de plus de 12 kW

Ne sont pas concernés par cette réglementation :

- ⊕ les chaudières fonctionnant avec un combustible solide tel que le bois ;
- ⊕ les appareils qui chauffent l'espace localement et fonctionnent à l'électricité, au gaz, au mazout ou au bois tels qu'un radiateur électrique, un poêle à pellets, un convecteur gaz,...);
- ⊕ les pompes à chaleur non-réversibles, qui peuvent uniquement être utilisées pour le chauffage, ne sont pas encore concernées par cette réglementation.

Pour savoir ce qu'il faut faire pour être en ordre par rapport à la réglementation chauffage et climatisation PEB, consultez la page « [Contrôles et entretien](#) ».



## PEB Chauffage & Climatisation

- ▶ <https://environnement.brussels/thematiques/batiment-et-energie/obligations/la-performance-energetique-des-batiments-peb/chauffage-0>

### Contrôles et entretien obligatoires pour votre système de climatisation

| Votre situation   | Quoi ?  | Quand ?                                      | Par qui ?   |
|---|---|--|---|
| Nous installons, remplaçons ou modifions* une installation de climatisation d'une puissance nominale effective supérieure à 12kW          | <a href="#">Diagnostic climatisation PEB</a>  | au plus tard 6 mois après la mise en service | <a href="#">Conseillère climatisation PEB</a><br><a href="#">🔗</a>  |
| Notre bâtiment comprend un système de climatisation d'une puissance nominale effective supérieure à 12 kW et inférieure ou égale à 100 kW | <a href="#">Diagnostic climatisation PEB</a>  | Tous les 15 ans                              | <a href="#">Conseillère climatisation PEB</a>   |
| Notre bâtiment comprend un système de climatisation d'une puissance nominale effective supérieure à 100 kW                                | <a href="#">Diagnostic climatisation PEB</a>  | Tous les 5 ans                               | <a href="#">Conseillère climatisation PEB</a>   |
| Notre bâtiment comprend un système de climatisation d'une puissance nominale effective supérieur à 12 kW                                  | <a href="#">Programme minimum d'entretien</a> | En continu                                   | <a href="#">professionnel-le qui dispose du certificat d'aptitude « carnet de bord et programme minimum d'entretien</a> |

\*Uniquement lorsque la puissance nominale effective installée ou modifiée est supérieure ou égale à 50 % de la puissance du système.



PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT  
PRÉSENTATION DES TECHNOLOGIES  
SOURCES CHAUDES  
EAU CHAUDE SANITAIRES  
RÉGULATION  
RÉVERSIBILITÉ ET SIMULTANÉITÉ

## **RÉGLEMENTATIONS ET SOUTIENS**

- ▶ PAC=SER ?
- ▶ Label & Ecodesign
- ▶ PAC dans la PEB
- ▶ **Autres Règlements**
- ▶ Soutiens financiers



## **Le guide d'exploitation des installations de réfrigération présente l'ensemble des obligations applicables en RBC**

[https://environnement.brussels/sites/default/files/user\\_files/gids\\_installation\\_de\\_refrigeration\\_fr.pdf](https://environnement.brussels/sites/default/files/user_files/gids_installation_de_refrigeration_fr.pdf)

- ▶ en vue :
  - d'assurer la sécurité,
  - de préserver l'environnement et, en particulier, de lutter contre le réchauffement de la planète en limitant les émissions de gaz à effet de serre fluorés,
  - d'éviter la destruction de la couche d'ozone.
- ▶ se base principalement sur l'Arrêté du Gouvernement de la Région de Bruxelles-Capitale du 29 novembre 2018 relatif aux installations de réfrigération. L'arrêté impose notamment le respect de :
  - la réglementation européenne relative aux gaz à effet de serre fluorés : règlement UE n° 517/2014 et règlement UE n° 2015/2067,
  - la norme NBN EN 378/2016 ou toute norme équivalente.



## Le guide d'exploitation des installations de réfrigération présente l'ensemble des obligations applicables en RBC :

- ▶ Règlementation acoustique
  - Arrêté du 21 novembre 2002 relatif à la lutte contre le **bruit de voisinage**
  
- ▶ Permis d'environnement
  - Guide pratique :  
<https://environnement.brussels/le-permis-denvironnement/le-guide-pratique-du-permis-denvironnement>
  
  - Liste des installations classées:  
[https://app.bruxellesenvironnement.be/listes/?nr\\_list=IC\\_LIST](https://app.bruxellesenvironnement.be/listes/?nr_list=IC_LIST)



PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT  
PRÉSENTATION DES TECHNOLOGIES  
SOURCES CHAUDES  
EAU CHAUDE SANITAIRES  
RÉGULATION  
RÉVERSIBILITÉ ET SIMULTANÉITÉ

## **RÉGLEMENTATIONS ET SOUTIENS**

- ▶ PAC = SER ?
- ▶ Label & Ecodesign
- ▶ PAC dans la PEB
- ▶ Autres Règlementations
- ▶ **Soutien financier**





## Primes RENOLUTION 2022

- ▶ <https://environnement.brussels/thematiques/batiment-et-energie/primes-et-incitants/les-primes-renolution-2022>

## Déductions fiscales pour investissements économiseurs d'énergie – entreprises – 13,5% (cat. 2.5.f)

- ▶ <https://www.environnement.brussels/thematiques/energie/primes-et-incitants/primes-et-autres-avantages-pour-les-entreprises-0>





### Fonctionnement

- ▶ Performances d'une PAC varient fortement en fonction des choix posés en matière de :
  - Type de PAC
  - Dimensionnement de la PAC, de la source chaude et de la source froide
  - Régulation du système
  - Régimes de température nominaux et instantanés
- ⇒ **Bien définir les besoins et les possibilités d'un projet avant de sélectionner son système**
- ▶ L'installation d'une PAC demande généralement de respecter certaines exigences fixées par la réglementation (PE, PU, inventaire sols, ...)
- ▶ Des aides financières et outils d'aide sont disponibles pour promouvoir l'installation de ces systèmes.





## Guide bâtiment durable

- ▶ Thème Energie

[Dossier | Garantir l'efficacité des installations de chauffage et ECS \(distribution et émission\)](#)

[Dossier | Optimiser la production et le stockage pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire](#)

[Dossier | Choisir les meilleurs modes de production de refroidissement renouvelable](#)



## Formations

- ▶ Pompe à chaleur : choix et conception





## Sites internet

- ▶ Règlements
  - [Réglementation PEB chauffage et climatisation](#)
  - [Réglementation systèmes géothermiques](#)
  - [Ecodesign](#)
  - [Permis d'environnement et installations classées](#)
  - [Installations de réfrigération](#)
  
- ▶ Facilitateur
  - [Facilitateur PAC RW](#)
  - [Facilitateur RBC](#)
  
- ▶ Outils
  - [Application BrugeoTool](#)
  - [Présentation de l'outil BrugeoTool](#)
  - [Présentation « Pompes à chaleur » du CSTC](#)
  - [SmartGeotherm](#)



**Pierre GUSTIN**

Ingénieur projet  
écorce sa

☎ + 32 4 226 91 60

✉ [info@ecorce.be](mailto:info@ecorce.be)



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

