

FORMATION BATIMENT DURABLE

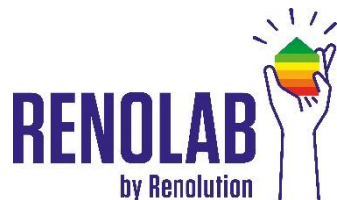
POMPE À CHALEUR DANS LES PROJETS RENOLAB.B

OCTOBRE 2026

Tour d'horizon des typologies et technologies de PAC

Avantages, inconvénients, points d'attention, encombrement et critères de sélection

Juliette DEMBOUR





- ▶ Identifier les **typologies et technologies de PAC** les plus adaptées selon le contexte
- ▶ Comprendre les **critères de choix** :
 - Performance, encombrement, régime de température, adéquation avec les émetteurs existants
- ▶ Comprendre les **critères de dimensionnement** et les interactions avec les émetteurs et la production d'eau chaude sanitaire
- ▶ Identifier les **contraintes acoustiques** liées à l'installation et connaître les outils, normes et solutions permettant de les maîtriser
- ▶ Tirer parti de **retours d'expérience** concrets pour améliorer la conception, la mise en œuvre et le dialogue avec les autres intervenants du projet





- ▶ Rappel des **principes fondamentaux** de la pompe à chaleur
- ▶ Présentation des différentes **technologies** (types de pompe à chaleur, source chaude, source froide, régimes de température, ...)
- ▶ Comprendre les **critères de sélection** des pompes à chaleur



PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT

- ▶ Principe général
- ▶ Efficacité théorique
- ▶ Influence des températures des sources

PRÉSENTATION DES TECHNOLOGIES

CRITÈRES DE SÉLECTION



- L'énergie renouvelable est abondante sur terre, dans l'air, l'eau, le sol
- Cette énergie est souvent à une température peu exploitable pour les besoins d'un bâtiment



POMPE À CHALEUR

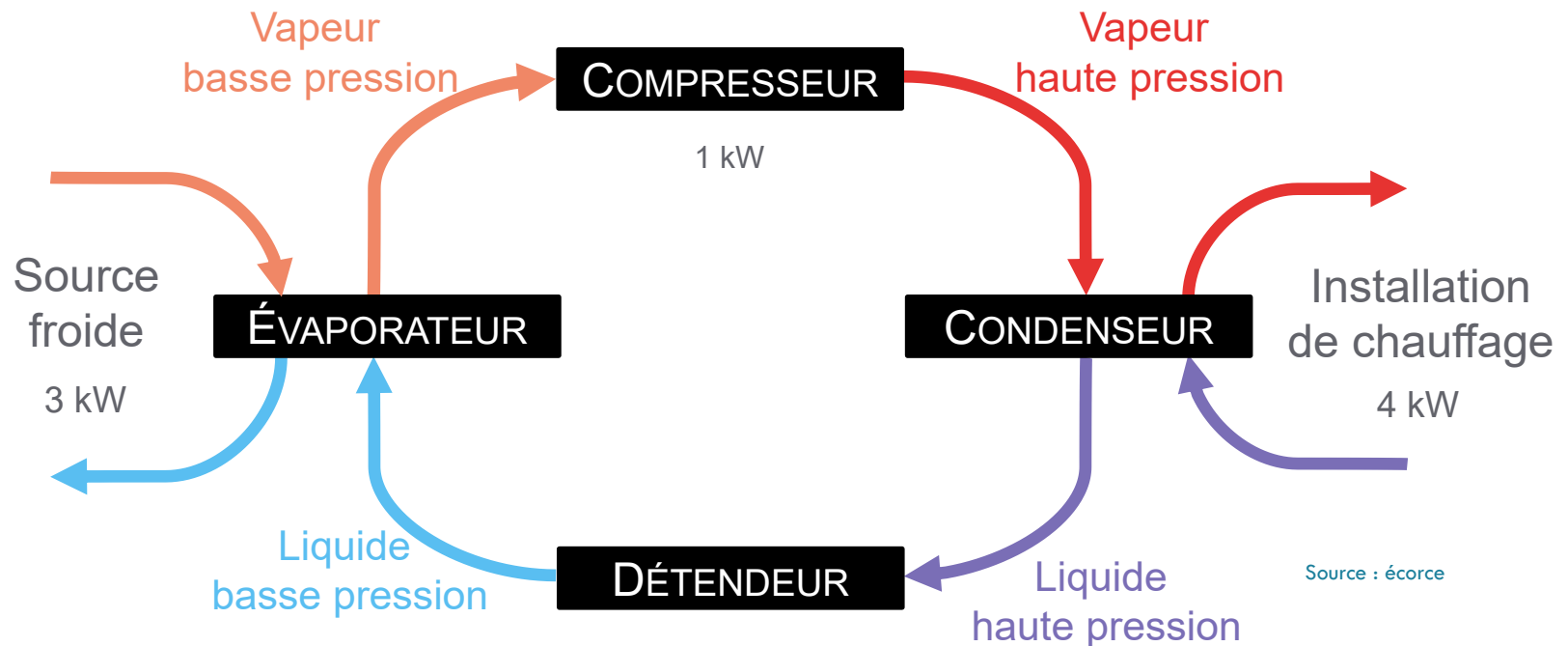
Source : Julie Renaux

- La pompe à chaleur permet de convertir cette énergie à basse température en énergie à plus haute température, moyennant un appoint limité d'énergie



Principe de fonctionnement

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



Définition du coefficient de performance COP:

$$\text{COP} = \frac{\text{Résultat souhaité}}{\text{Ce qui coûte}}$$

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

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 réduit de 30 à 60 % :
 - Diverses irréversibilités dans le cycle,
 - Consommation des auxiliaires (dispositif antigel, pompes et ventilateurs, etc...)



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 $T_{source\ froide} = 10^{\circ}\text{C}$

- $\text{COP}_{\text{idéal}} = \frac{308,15}{308,15 - 283,15} = 12,3$

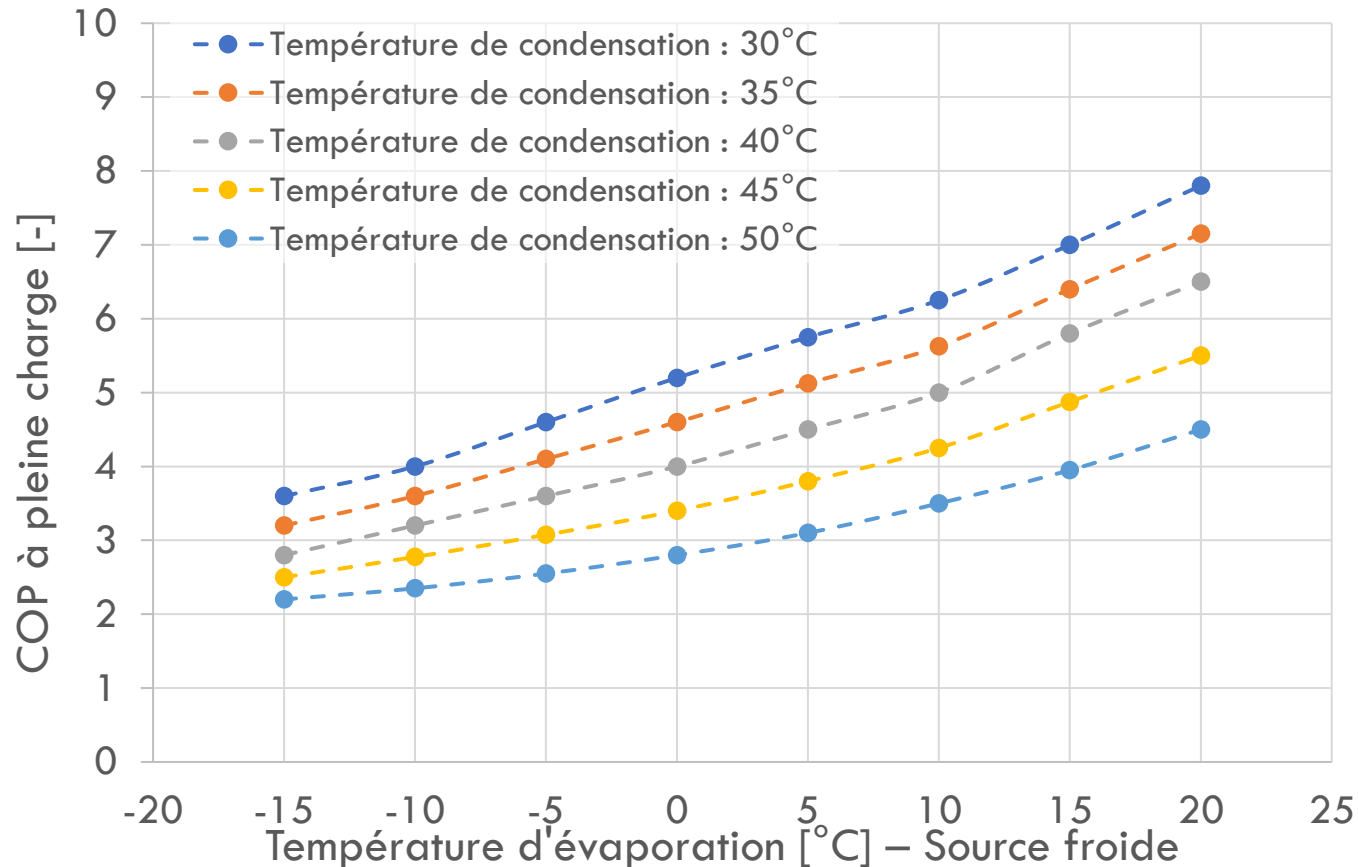
- $T_{source\ chaude} = 45^{\circ}\text{C}$ et $T_{source\ froide} = 0^{\circ}\text{C}$

- $\text{COP}_{\text{idéal}} = \frac{318,15}{318,15 - 273,15} = 7,1$



INFLUENCE DES TEMPÉRATURES DE SOURCES

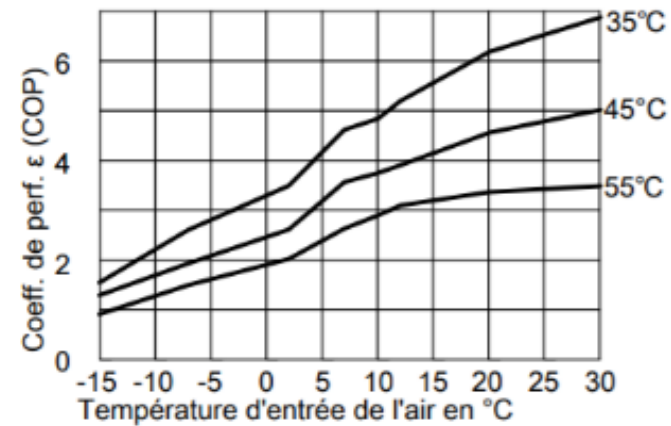
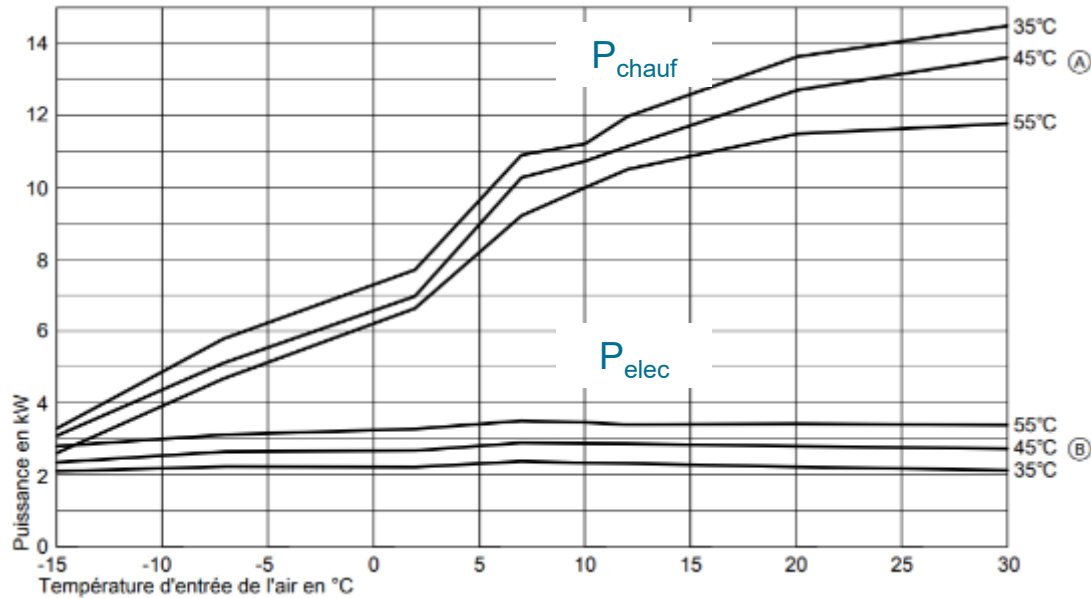
Le COP sera d'autant plus élevé que l'écart de température entre la source et le milieu à chauffer sera faible :



→ Chauffer à la température la plus basse possible depuis une source à la température la plus haute possible



Importance du régime de température sur les performances d'une PAC



- La performance (COP) et la puissance dépendent de la différence de température entre les sources chaude et froide



PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT

- Principe général
- Efficacité théorique
- Influence des températures des sources

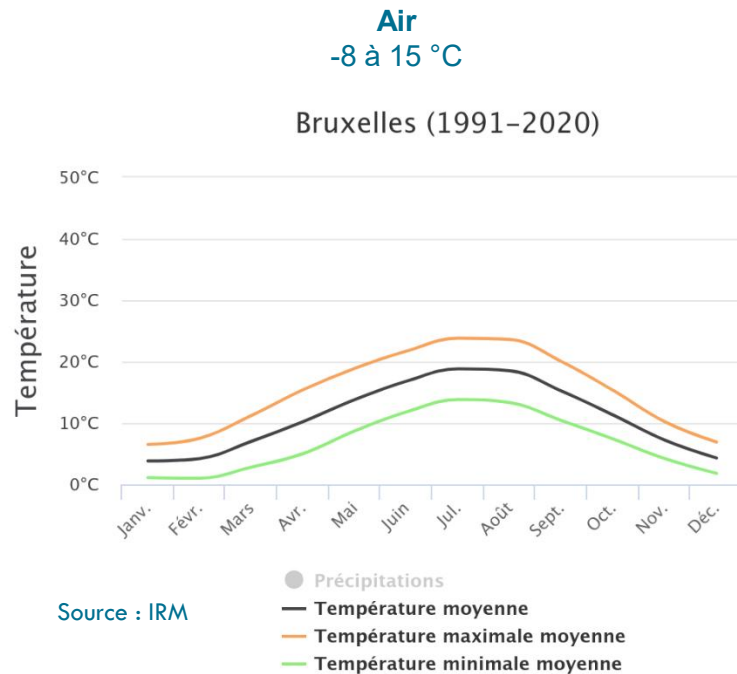
PRÉSENTATION DES TECHNOLOGIES

CRITÈRES DE SÉLECTION

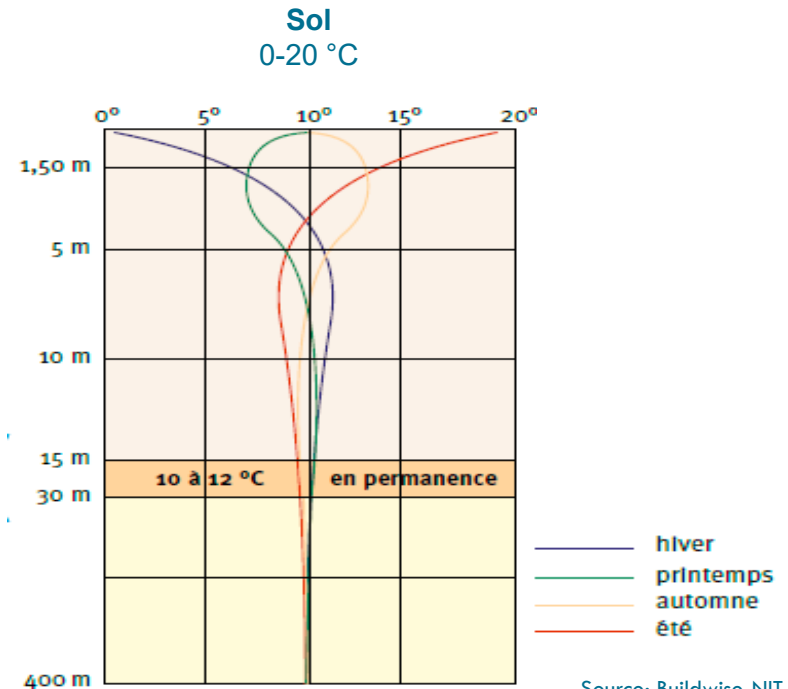


Sources froides

- L'air (= aérothermie)
- Le sol (= géothermie)
- L'eau de surface/souterraine, égouts (= hydrothermie)
- La chaleur perdue (air vicié, process...)



>> AEROTHERMIE



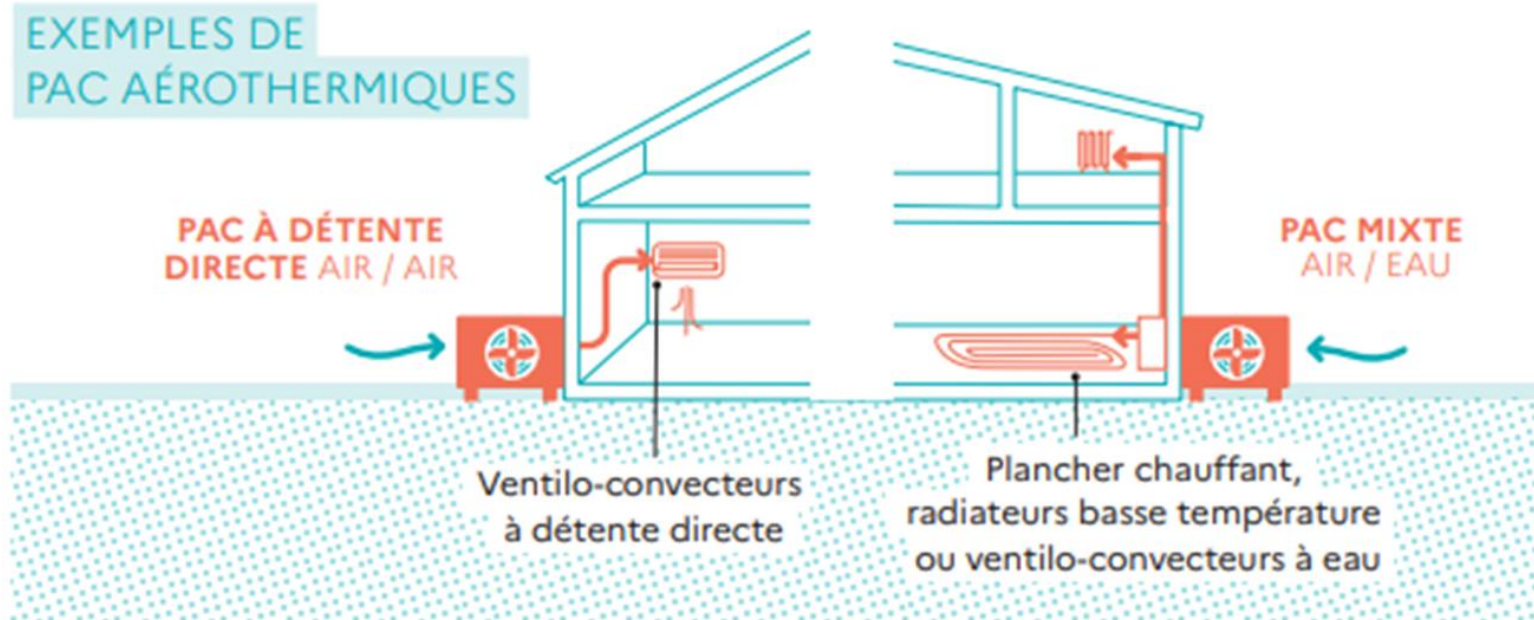
Source: Buildwise-NIT 259

>> GEOTHERMIE



Variantes PAC aérothermiques

- Air/air ou air/eau



Source : ADEME



Variantes PAC aérothermiques

► Air/air

Unité intérieure murale →



← Unité intérieure d'allège



Unité extérieure

Unité intérieure de plafond (intégrée) →



Unité intérieure gainable (faux plafond) →



← Unité intérieure de plafond (apparente)



Source : Cairox

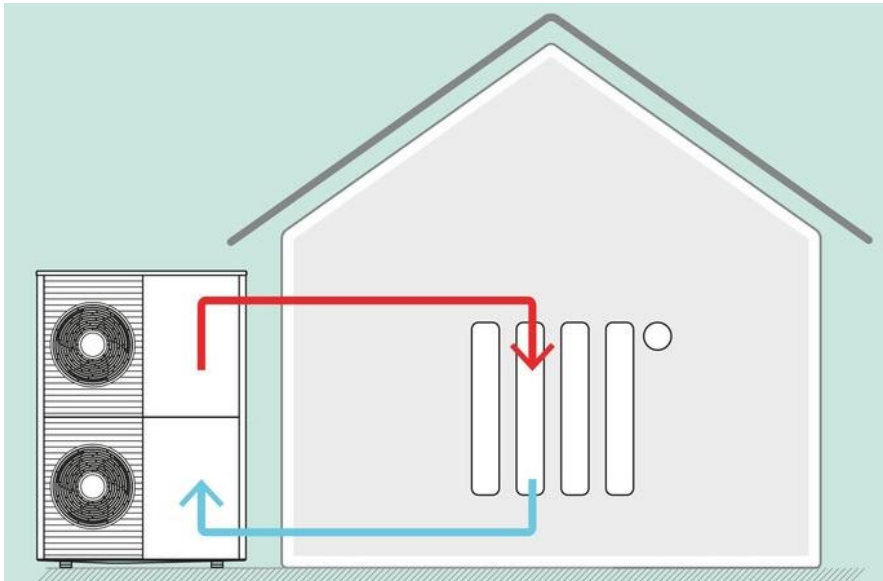


Variantes PAC aérothermiques

- Air/eau - Monobloc ou split

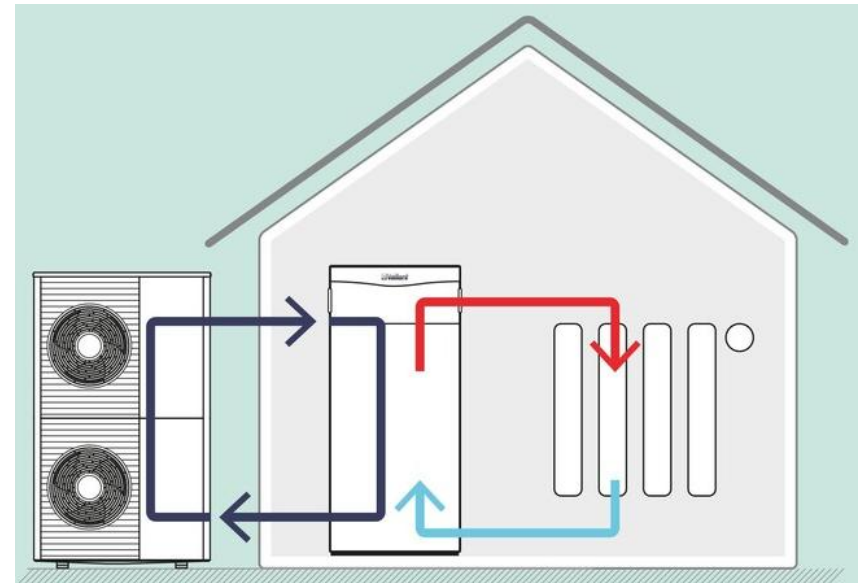
Monobloc

- Tous les composants sont intégrés dans un seul appareil
- Installation simple



Split

- Composants « splittés » en 2 unités : à l'extérieur et à l'intérieur
- Conduites de réfrigérant à installer par un frigoriste



Source : Vaillant



Variantes PAC aérothermiques

- Air/eau - Monobloc

Petite puissance ➔



Grande puissance ➔



Source : Aermec



Variantes PAC aérothermiques

- Air/eau - Split

Petite puissance →



Source : Aermeo

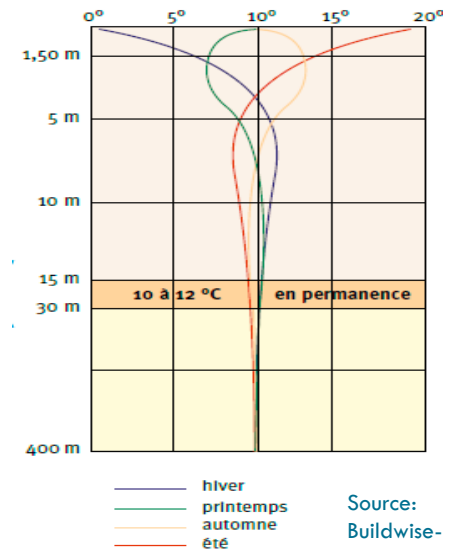
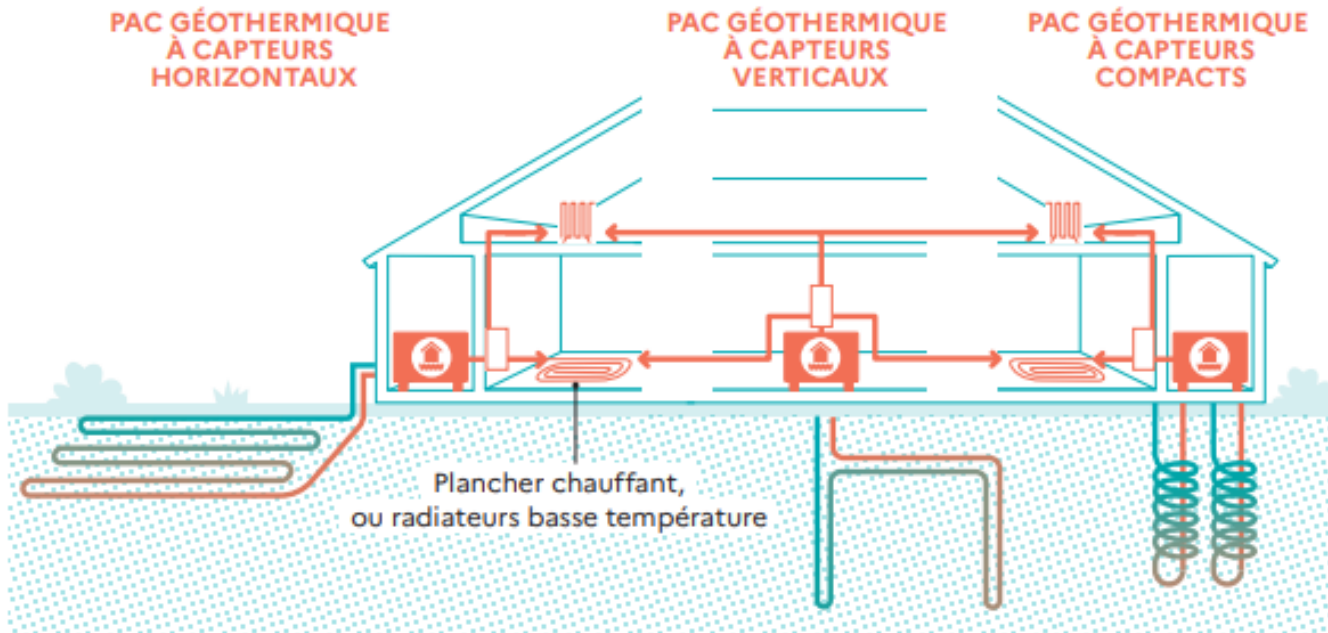
Grande puissance →



Source : Öchsner



Source froide : le sol

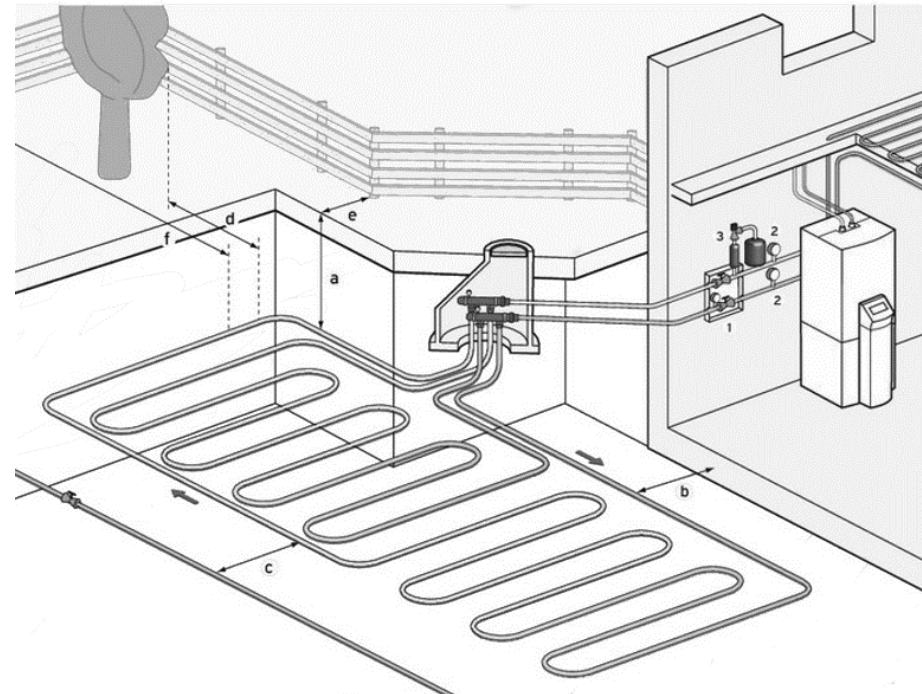
EXEMPLES DE
PAC GÉOTHERMIQUES

Source : ADEME



Variante PAC géothermiques

- Sondes horizontales :
 - 0,6 → 1,2 m de profondeur
 - $\sim 25 \text{ W/m}^2$



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

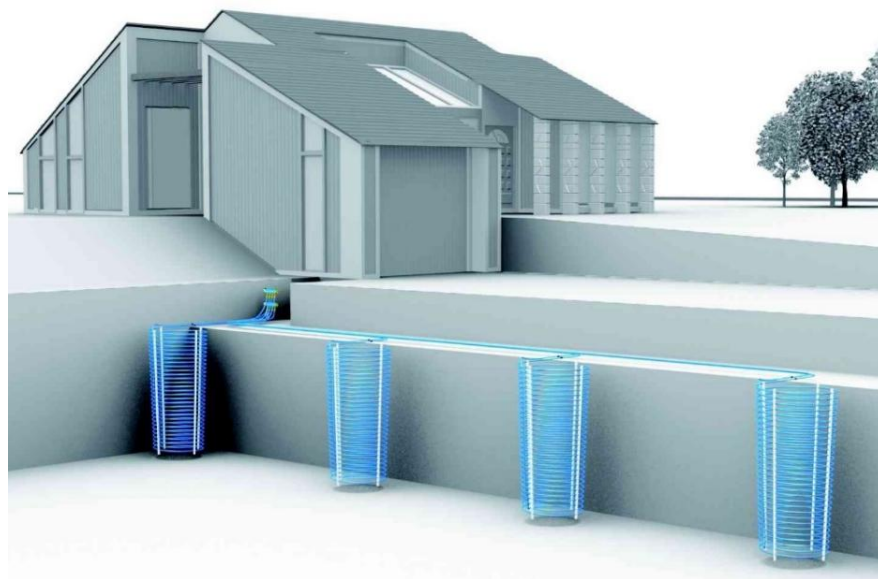


Variante PAC géothermiques

- ▶ Corbeilles géothermiques :
 - Jusqu'à 5 m de profondeur
 - ~ 1 kW/corbeille

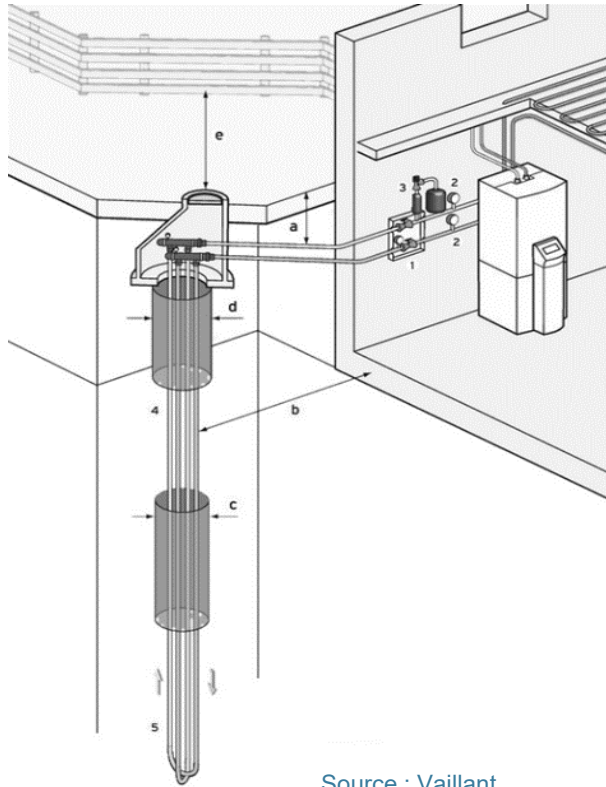


Source : <http://www.af-sa.ch/>



Variante PAC géothermiques

- Sondes verticales :
 - 50 → 300 m
 - ~50 W/mc selon le type de sol



Source : Vaillant



Source : écorce



Le forage dans des accès difficiles

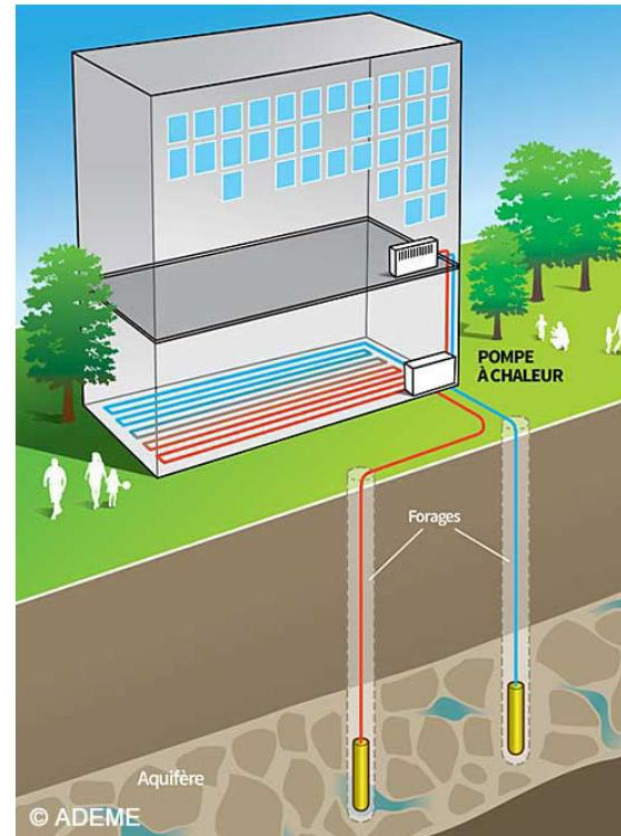


Source : GeoGreen



Variante PAC géothermiques

- ▶ Sur nappe :
 - ~7 kW pour 1 m³/h d'eau



Source : ADEME



PRINCIPES DE FONCTIONNEMENT

- Principe général
- Efficacité théorique
- Influence des températures des sources

PRÉSENTATION DES TECHNOLOGIES

CRITÈRES DE SÉLECTION



Critères principaux

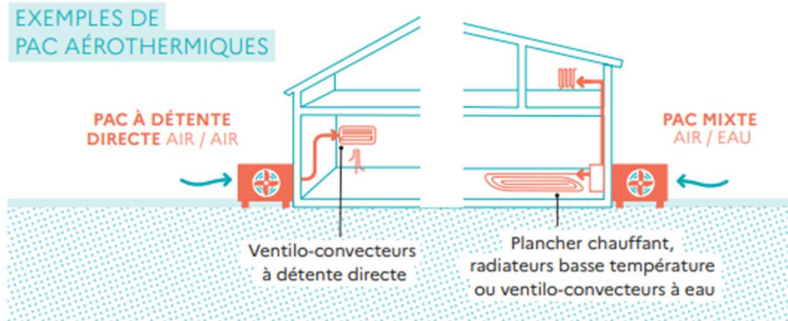
- ▶ Besoins énergétiques, puissance de dimensionnement
- ▶ Budget
- ▶ Performance souhaitée
- ▶ Espace extérieur disponible / Acoustique
- ▶ Choix du fluide frigorigène



Source froide

Aérothermie

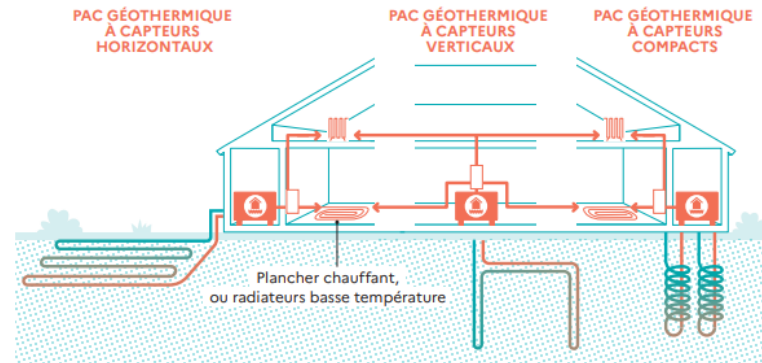
EXEMPLES DE PAC AÉROTHERMIQUES



+ Bonne performance énergétique
(SCOP ~ 3,5)

- Nuisances sonores

Géothermie



Source : ADEME

+ Très bonne performance énergétique
(SCOP ~ 4,5)

- Installation couteuse



28 FACTEUR DE PERFORMANCE SAISONNIER

Performances – COP saisonnier (sCOP = FPS)

- ▶ Correspond à la performance moyenne sur une saison de chauffe
- ▶ Pour des installations correctement dimensionnées et réglées 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	/	/	3,7	148%
AIR – EAU	3,4	136%	4,3	172%
SOL _H – EAU	4,3	172%	4,8	192%
SOL _V – EAU	4,8	192%	5,3	212%

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.



Critères techniques

- ▶ Delta température : température de source et d'émission
- ▶ Taux de compression : pression absolue basse et haute
- ▶ Toxicité et inflammabilité

Critères environnementaux

- ▶ ODP : Ozone Depletion Potential
- ▶ GWP : Global Warming Potential



CHOIX DU FLUIDE FRIGORIFIQUE

Fluides courants

	Groupe de sécurité	
	Toxicité inférieure	Toxicité supérieure
Inflammabilité élevée	A3	B3
Inflammabilité	A2	B2
Inflammabilité faible	A2L	B2L
Pas de propagation de flamme	A1	B1

HFC

Numéro du fluide frigorigène	Nom chimique/composition	Formule chimique : Tolérance des compositions	Groupe de sécurité	GWP	5 tonnes équivalent CO ₂ =>	
R134a	1,1,1,2-tétrafluoroéthane	CH ₂ FCF ₃	A1	1.430	3,5	kg
R32	Diffuorométhane (fluorure de méthylène)	CH ₂ F ₂	A2L	675	7,41	kg
R404A	R-125/143a/134a (44/52/4)	±2/ ± 1/ ± 2	A1	3.922	1,27	kg
R407A	R-32/125/134a (20/40/40) ±2/ ± 2/ ± 2		A1	2.107	2,37	kg
R407C	R-32/125/134a (23/25/52)	±2/ ± 2/ ± 2	A1	1.774	2,82	kg
R407F	R-32/125/134a (30/30/40)	±2/ ± 2/ ± 2	A1	1.825	2,74	kg
R410A	R-32/125 (50/50)	+ 0,5 – 1,5/+ 1,5 – 0,5	A1	2.088	2,39	kg
Fluides alternatifs						
R290	Propane	CH ₃ CH ₂ CH ₃	A3	3	-	
R600	Butane	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃	A3	4	-	
R600A	2-méthyl propane (isobutane)	CH(CH ₃) ₃	A3	3	-	
R717	Ammoniac	NH ₃	B2L	0	-	
R744	Dioxyde de carbone	CO ₂	A1	1	-	
R1270	Propène (propylène)	CH ₃ CH = CH ₂	A3	2	-	
R1234 ze	Trans-1,3,3,3-tétrafluoroprop-1-ène		A2L	7	-	
R1234 yf	2,3,3,3-tétrafluoroprop-1-ène	CF ₃ CF = CH ₂	A2L	4	-	
R1233 zd	Trans-1-chloro-3,3,3-trifluoroprop-1-ène	CF ₃ CH = CHCl	A1	4.5	-	

* HFC = hydrofluorocarbones



Pourquoi le propane ?

- ▶ Intérêt environnemental
 - Régulation F-Gas
 - Nouvelle réglementation 2024/573

UNITÉS SPLITS				
Type d'unité	2027	2029	2033	2035
A/W < 12 kW	GWP 150			Réfrigérants naturels
A/A < 12 kW		GWP 150		Réfrigérants naturels
> 12 kW		GWP 750	GWP 150	

UNITÉS MONOBLOC			
Type d'unité	2027	2030	2032
Chiller < 12 kW	GWP 150		Réfrigérants naturels
Chiller > 12 kW	GWP 750		
PAC < 12 kW	GWP 150		Réfrigérants naturels
PAC < 50 kW	GWP 150		
PAC > 50 kW		GWP 150	





- ▶ Les solutions intégrant des pompes à chaleur sont très nombreuses et peuvent s'adapter à de multiples configurations/besoins
- ▶ Les performances et donc l'intérêt économique et environnemental d'une pompe à chaleur varient fortement en fonction de la conception du système dans son ensemble ;
 - ⇒ **Nécessite une vision globale de l'installation**
- ▶ Les pompes à chaleur sont plus difficiles à mettre en œuvre et à maintenir que les chaudières, la technologie est moins maîtrisée par les installateurs





Guide bâtiment durable

www.guidebatimentdurable.brussels

- Thème Energie
[Solution | Pompe à chaleur](#)



Sites internet

- Formations Bâtiment durable
<https://environnement.brussels/pro/services-et-demandes/conseils-et-accompagnement/formations-et-seminaires-batiments-durables-par-bruxelles-environnement>
- Energie + : <https://energieplus-lesite.be>
- Buildwise : [Pompes à chaleur en rénovation](#)



Formations et séminaires

- Inscrivez-vous aux formations organisées par Bruxelles Environnement
<https://environnement.brussels/formationsbatidurable>

Consultez tous les supports [gratuitement](#) !



Juliette DEMBOUR

écorce

☎ 04 226 91 60

✉ info@ecorce.be



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

