

OPLEIDING DUURZAME GEBOUWEN

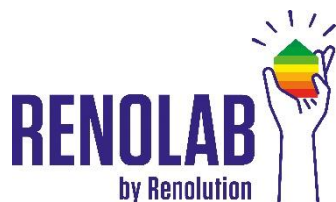
WARMTEPOMPEN IN RENOLAB.B-PROJECTEN

OKTOBER 2026

Overzicht van warmtepomptypes en -technologieën

Voordelen, nadelen, aandachtspunten, benodigde ruimte en selectiecriteria

Juliette DEMBOUR





- ▶ Identificeren van de meest geschikte **warmtepomptypes en -technologieën** op basis van de context
- ▶ Begrijpen van de **keuzecriteria**:
 - Prestaties, benodigde ruimte, temperatuurregime, afstemming op de bestaande afgiftelichamen
- ▶ Begrijpen van de **dimensioneringscriteria** en de wisselwerkingen met de afgiftelichamen en de productie van sanitair warm water
- ▶ Identificeren van de **akoestische eisen** in verband met de installatie en leren kennen van de tools, normen en oplossingen om eraan te voldoen
- ▶ Benutten van concrete **opgedane ervaringen** om het ontwerp, de uitvoering en de dialoog met de andere bij het project betrokken partijen te optimaliseren





- ▶ Opfrissen van de **basisprincipes** van warmtepompen
- ▶ Voorstellen van de verschillende **technologieën** (warmtepomptypes, warmtebronnen, koudebronnen, temperatuurregimes, ...)
- ▶ Begrijpen van de **selectiecriteria** voor warmtepompen



WERKINGSPRINCIPES

- ▶ **Algemeen principe**
- ▶ **Theoretisch rendement**
- ▶ **Invloed van de temperatuur van de bronnen**

VOORSTELLING VAN DE TECHNOLOGIEËN
SELECTIECRITERIA



- ▶ Er zijn hernieuwbare energiebronnen in overvloed op aarde: in de lucht, in het water en in de bodem
- ▶ Deze energie heeft echter vaak een temperatuur die niet zo geschikt is voor de behoeften van een gebouw



POMPE A CHALEUR

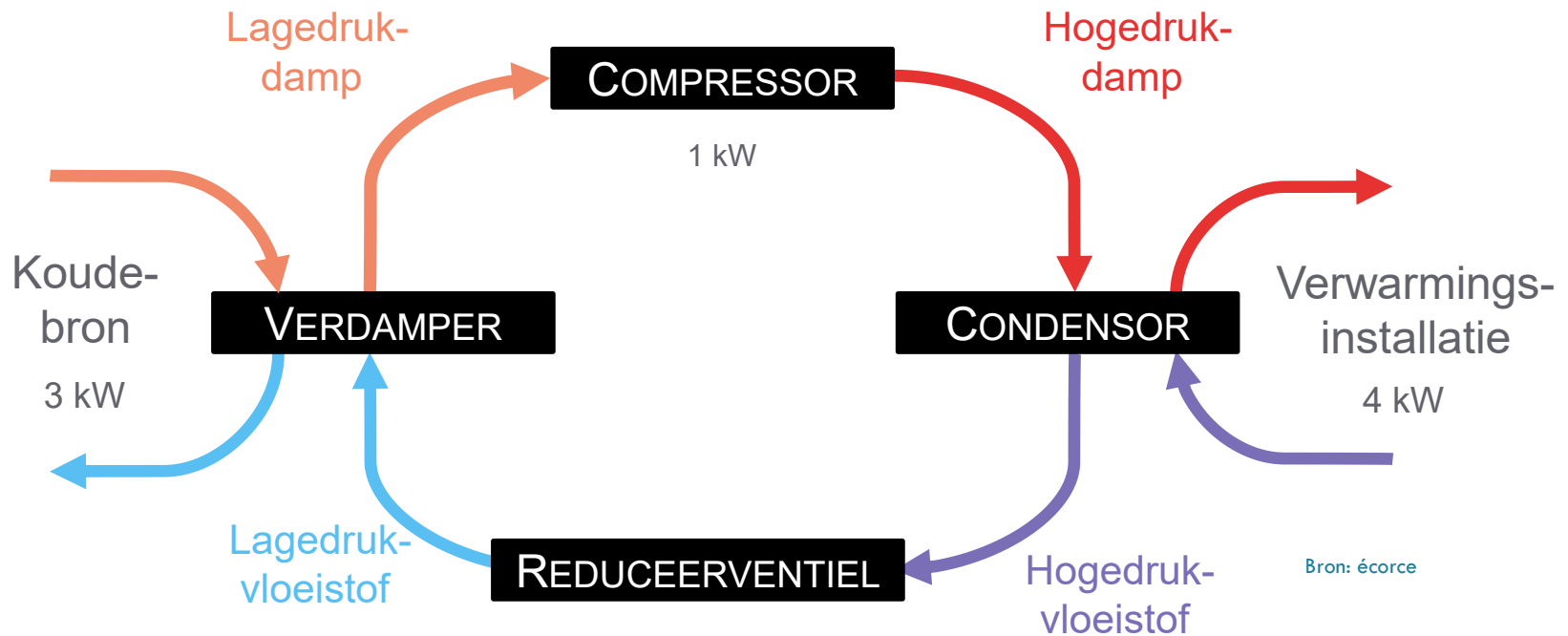
Bron: Julie Renaux

- ▶ De warmtepomp zet deze energie met een lage temperatuur - door toevoeging van een beperkte hoeveelheid extra energie - om in energie met een hogere temperatuur



Werkingssprincipe

- ▶ Onttrekking van warmte uit een 'koudebron' (bodem, buitenlucht, ...)
 - > vereist elektriciteitsverbruik
- ▶ Verhoging van het temperatuurniveau ervan
- ▶ Afgifte van deze warmte met een hogere temperatuur



Definitie van de prestatiecoëfficiënt COP:

$$\text{COP} = \frac{\text{gewenst resultaat}}{\text{kostprijs}}$$

$$\text{COP} = \frac{\text{naar warmtebron overgedragen energie}}{\text{verbruikte mechanische energie}}$$

Theoretische/ideale prestatiecoëfficiënt (Carnot-cyclus):

$$\text{ideale COP} = \frac{T_{\text{warmtebron}} + 273,15}{(T_{\text{warmtebron}} + 273,15) - (T_{\text{warmtebron}} + 273,15)}$$

In de praktijk:

- ▶ Reële COP is 30 tot 60 % lager:
 - verschillende onomkeerbaarheden in de cyclus,
 - verbruik van hulpapparatuur (vorstbeveiliging, pompen, ventilatoren, enz.)



Hoe kleiner het temperatuurverschil tussen de warmtebron en de te verwarmen ruimte, hoe hoger de COP:

► Voorbeeld:

- $T_{\text{warmtebron}} = 35^\circ \text{C}$ en $T_{\text{koudebron}} = 0^\circ \text{C}$

$$\text{Ideale COP} = \frac{308,15}{308,15 - 273,15} = 8,8$$

- $T_{\text{warmtebron}} = 35^\circ \text{C}$ en $T_{\text{koudebron}} = 10^\circ \text{C}$

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

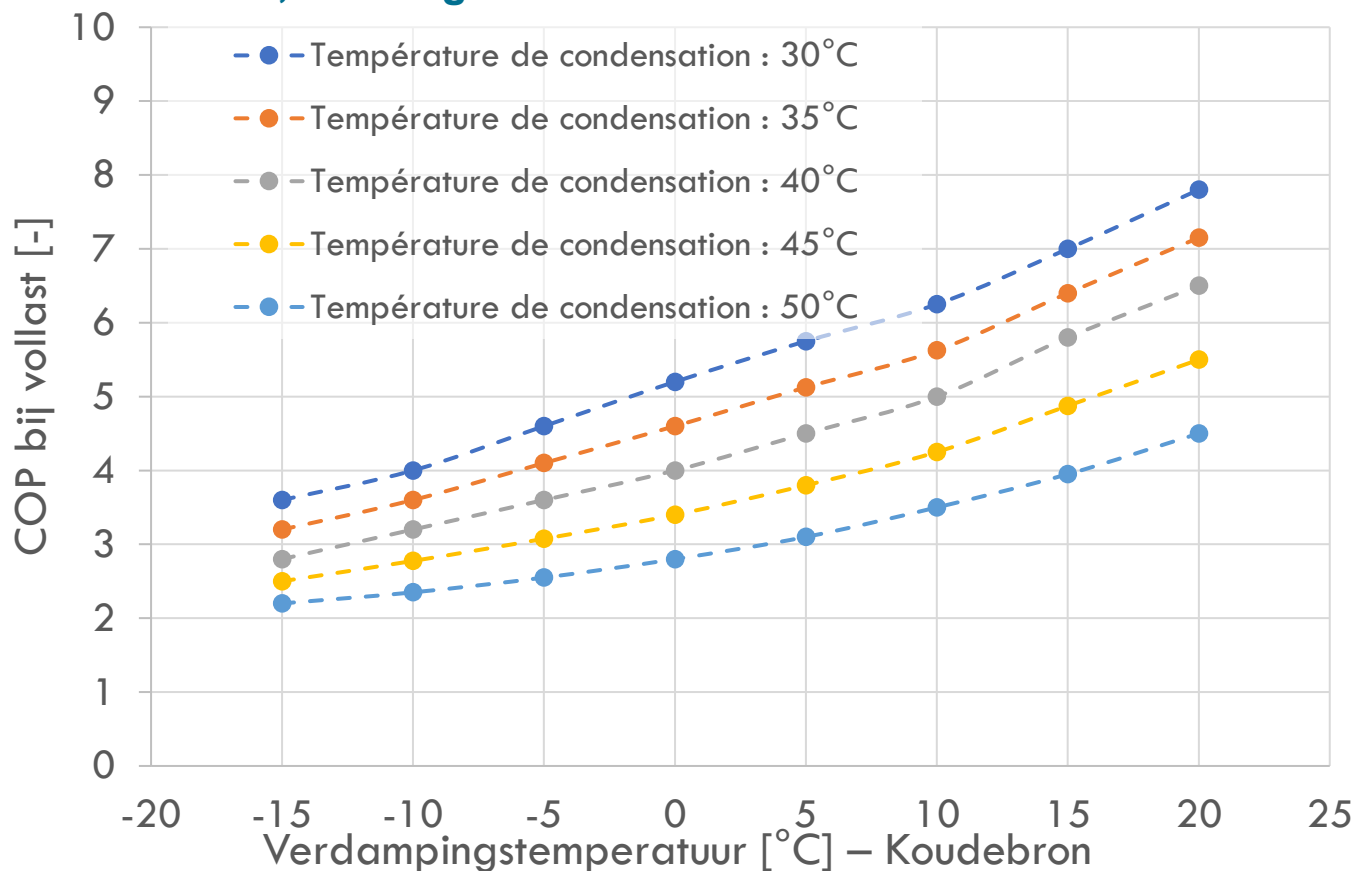
- $T_{\text{warmtebron}} = 45^\circ \text{C}$ en $T_{\text{koudebron}} = 0^\circ \text{C}$

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



INVLOED VAN DE TEMPERATUUR VAN DE BRONNEN

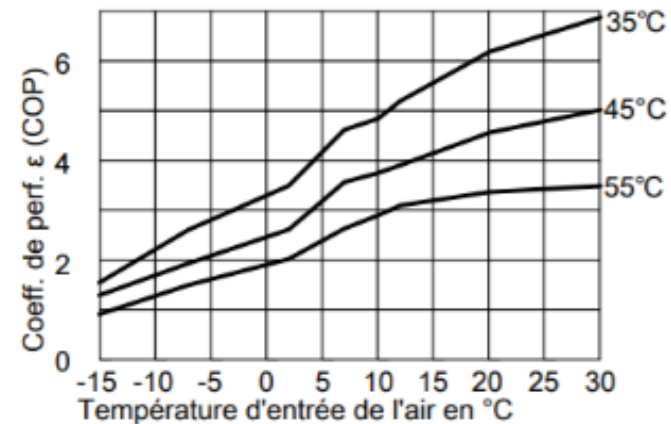
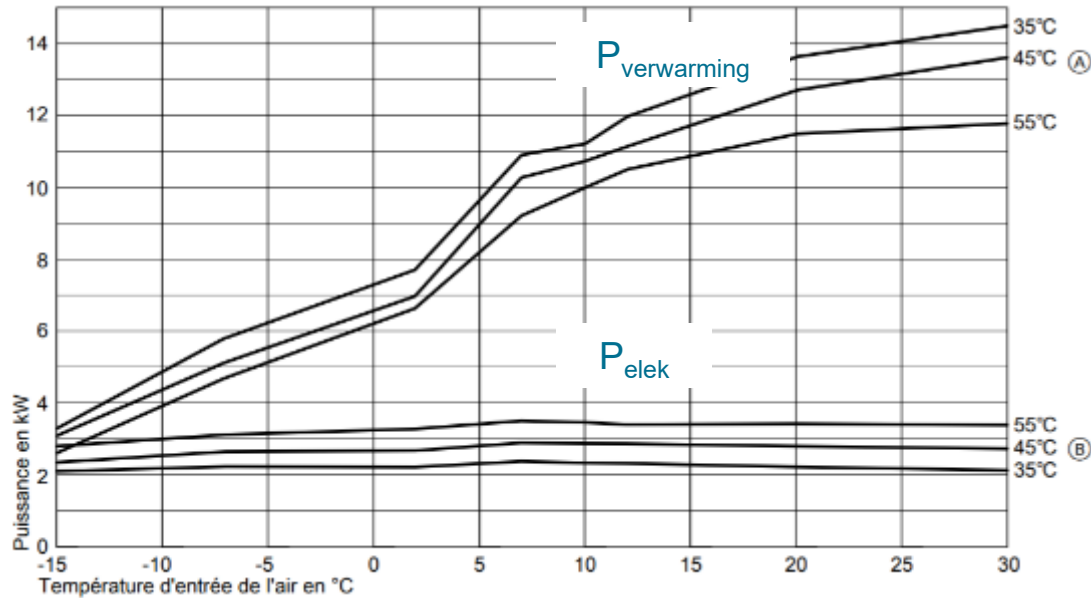
Hoe kleiner het temperatuurverschil tussen de warmtebron en de te verwarmen ruimte, hoe hoger de COP:



→ Verwarmen tot de laagst mogelijke temperatuur op basis van een bron met de hoogst mogelijke temperatuur



Invloed van het temperatuurregime op de prestaties van een warmtepomp



- De prestaties (COP) en het vermogen zijn afhankelijk van het temperatuurverschil tussen de warmte- en koudebronnen.



WERKINGSPRINCIPES

- Algemeen principe
- Theoretisch rendement
- Invloed van de temperatuur van de bronnen

VOORSTELLING VAN DE TECHNOLOGIEËN

SELECTIECRITERIA

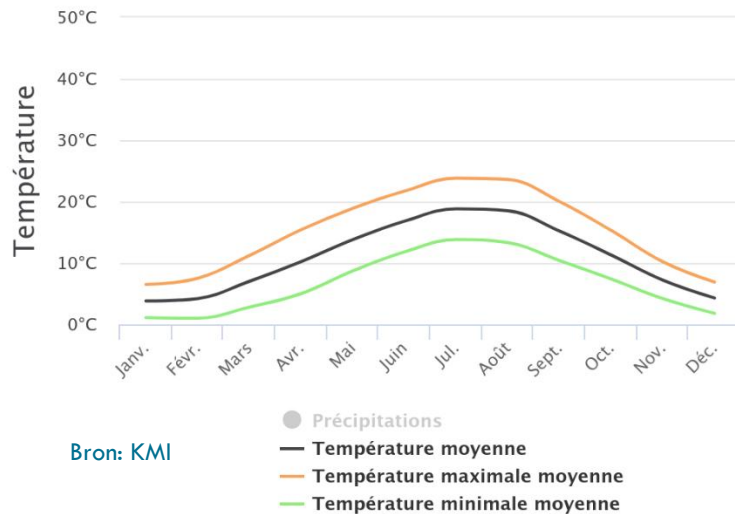


Koudebronnen

- ▶ Lucht (= aerothermie)
- ▶ Bodem (= geothermie)
- ▶ Oppervlakte-/grondwater, rioleringsnet (= hydrothermie)
- ▶ Verloren warmte (vervuilde lucht, proceswarmte,...)

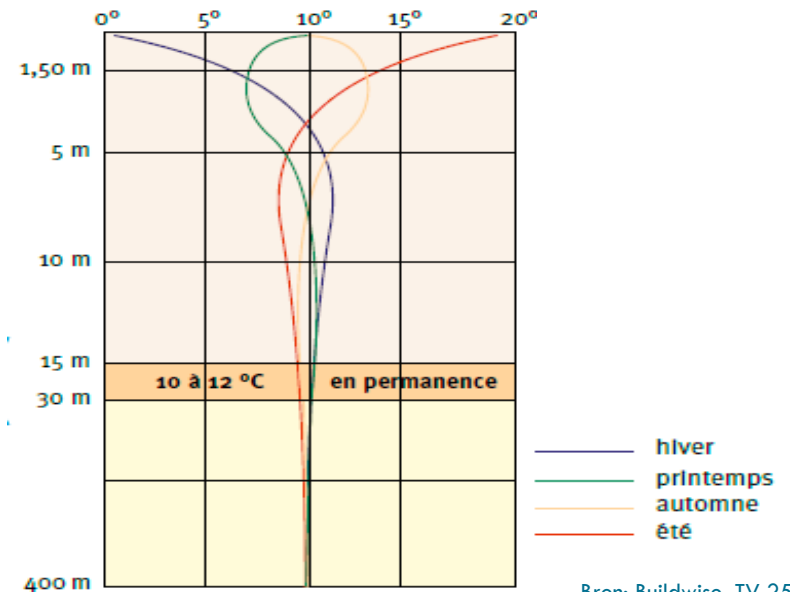
Lucht
-8 tot 15 °C

Bruxelles (1991–2020)



>> AEROTHERMIE

Bodem
0 - 20 °C



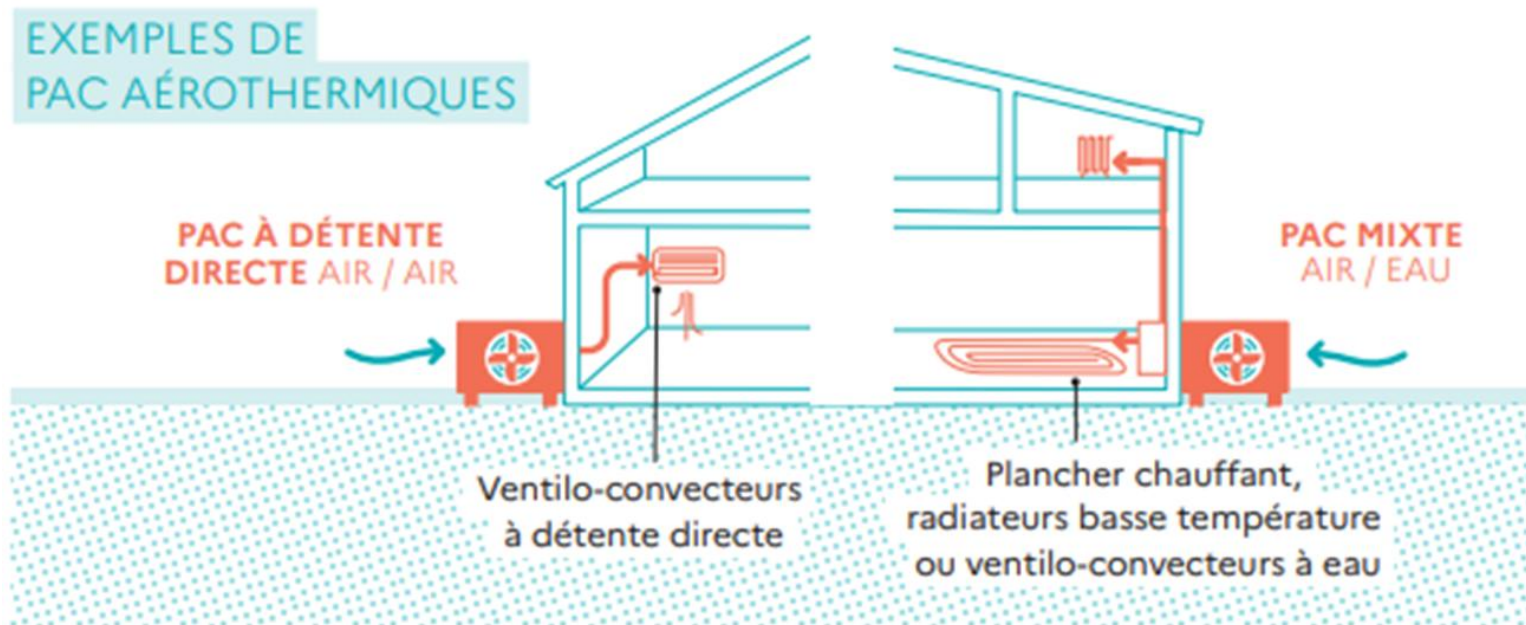
Bron: Buildwise, TV 259

>> GEOTHERMIE



Varianten aerothermische warmtepompen

- Lucht/lucht of lucht/water



Bron: ADEME



Varianten aerothermische warmtepompen

► Lucht/lucht

Binnenunit van het wandtype



← Binnenunit op borstwering



Buitenunit

Binnenunit van het
plafondtype
(geïntegreerd) →



Binnenunit van het
kanaaltype (verlaagd
plafond) →



← Binnenunit van het
plafondtype
(zichtbaar)



Bron: Cairox

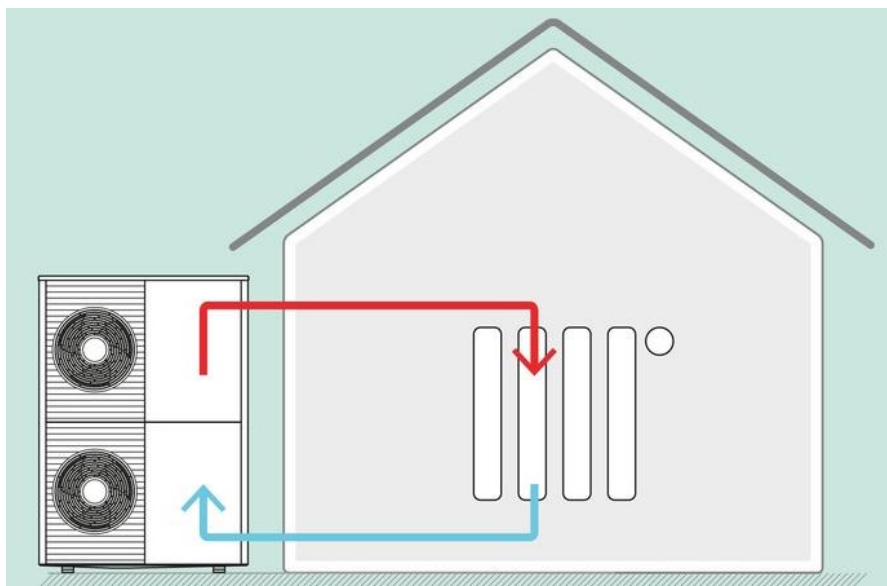


Varianten aerothermische warmtepompen

- Lucht/water - Monoblok- of splittype

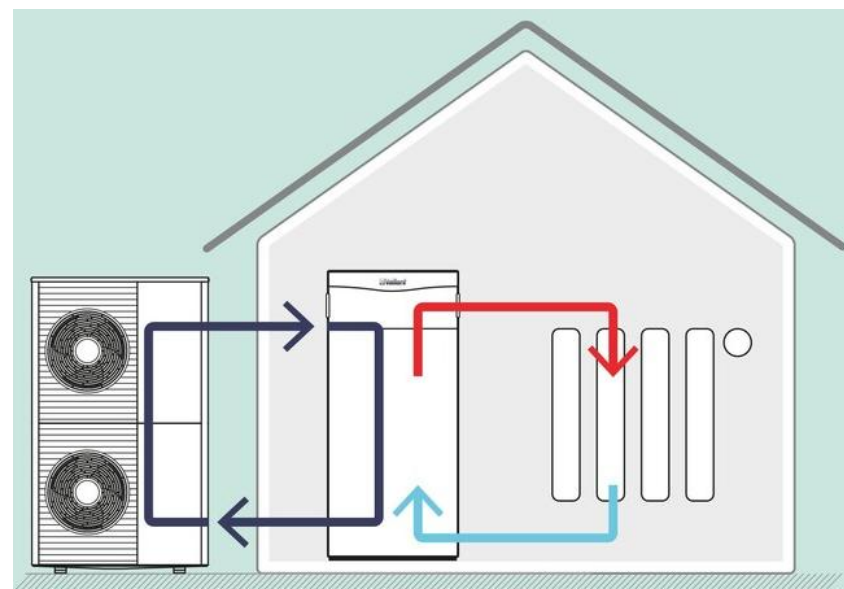
Monobloktype

- Alle componenten zijn in één toestel geïntegreerd
- Eenvoudige installatie



Splittype

- Componenten opgesplitst in 2 units: een buiten- en een binnenunit
- Koelmiddelleidingen te installeren door een koeltechnicus



Bron: Vaillant



Varianten aerothermische warmtepompen

- Lucht/water - Monobloktype

Klein vermogen →



Groot vermogen →



Bron: Aermec



Varianten aerothermische warmtepompen

- Lucht/water - Splittype

Klein vermogen →



Bron: Aermec

Groot vermogen →

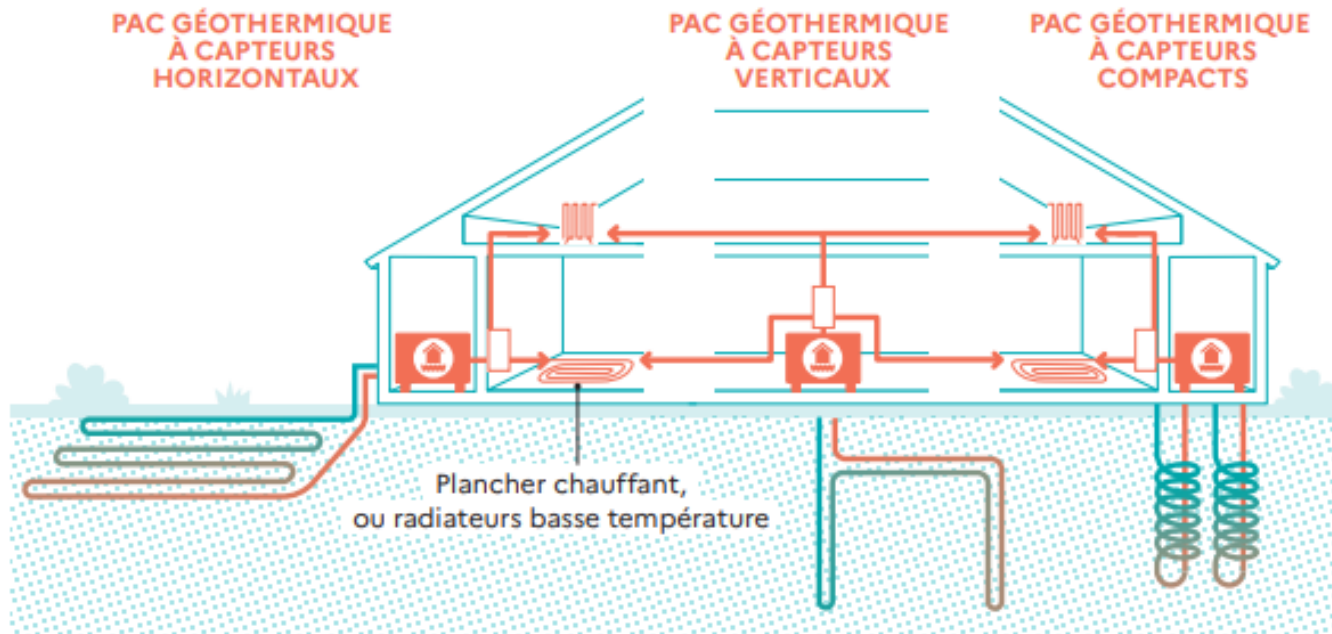


Bron: Öchsner

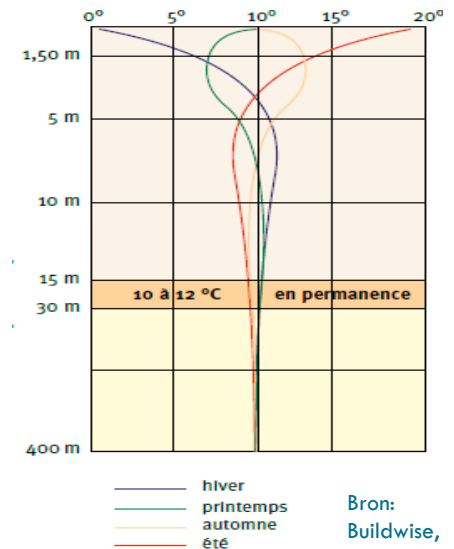


Koudebron: bodem

EXEMPLES DE PAC GÉOTHERMIQUES



Bron: ADEME

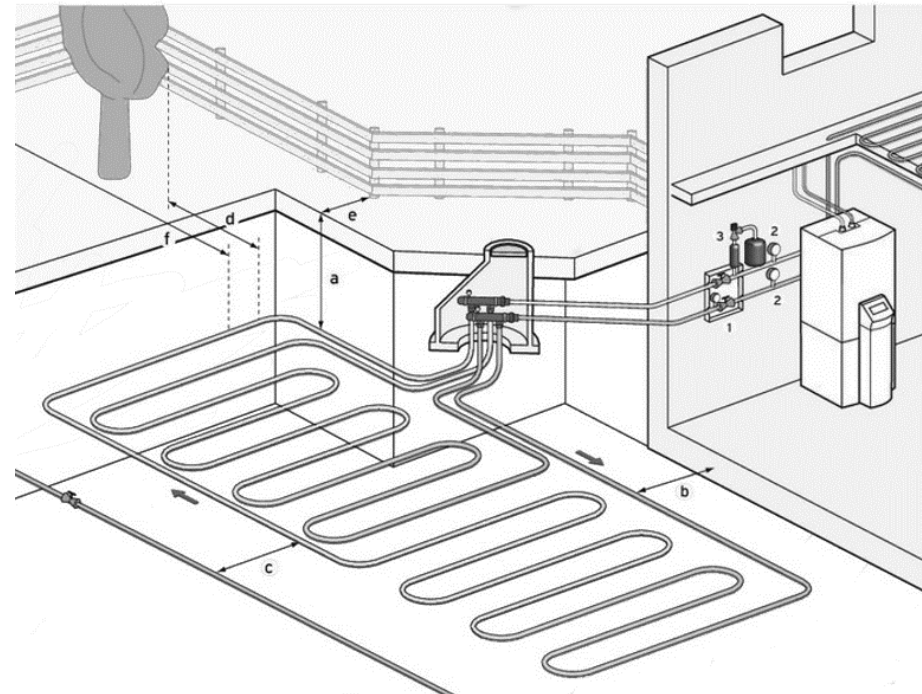


Bron:
Buildwise,
TV 259



Varianten geothermische warmtepompen

- Horizontale captatie:
 - 0,6 → diepte van 1,2 m
 - ~25 W/m²



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

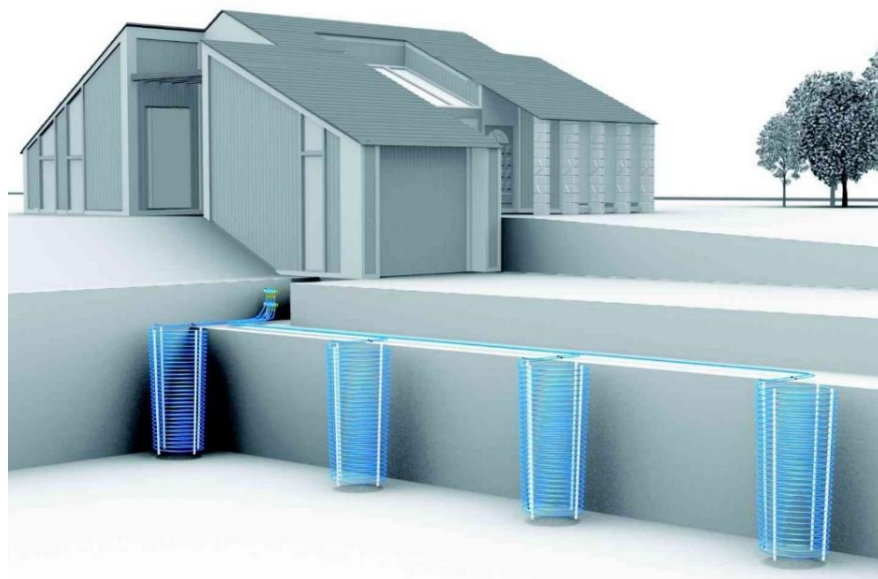


Varianten geothermische warmtepompen

- ▶ Spiraalvormige collectoren:
 - Tot diepte van 5 m
 - ~ 1 kW/collector

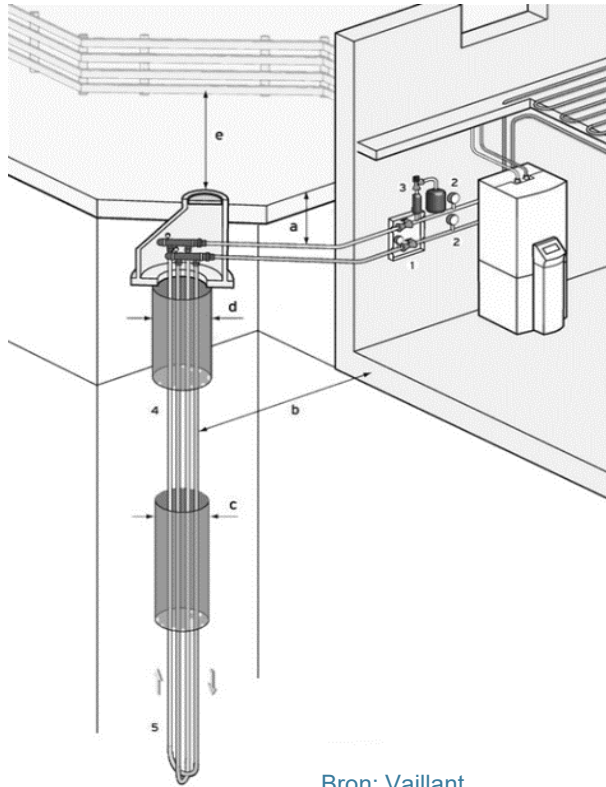


Bron: <http://www.af-sa.ch/>



Varianten geothermische warmtepompen

- ▶ Verticale captatie (boringen):
 - 50 → 300 m
 - ~50 W/m² afhankelijk van bodemtype



Bron: Vaillant



Bron: écorce

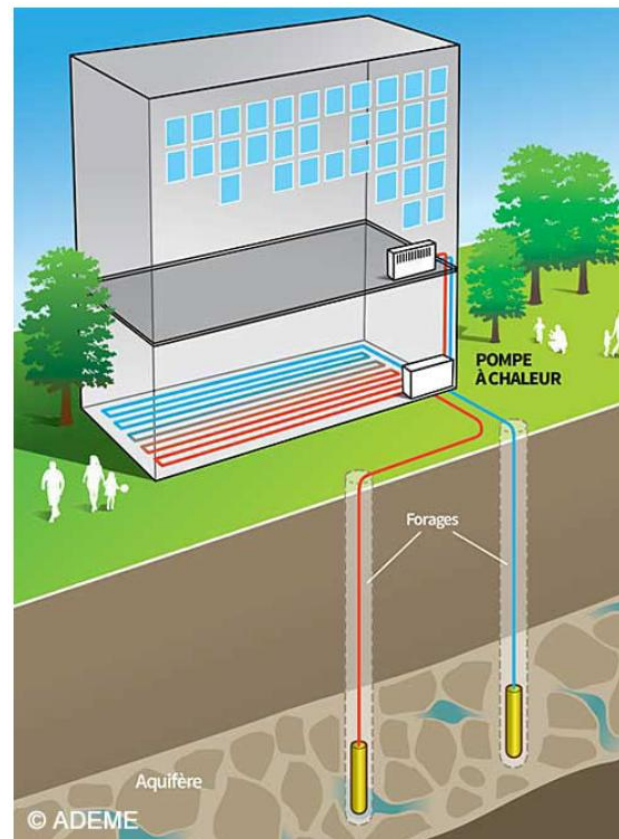


Boringen op moeilijk bereikbare plaatsen



Varianten geothermische warmtepompen

- In grondwaterlaag:
 - ~7 kW voor 1 m³/u water



Bron: ADEME



WERKINGSPRINCIPES

- Algemeen principe
- Theoretisch rendement
- Invloed van de temperatuur van de bronnen

VOORSTELLING VAN DE TECHNOLOGIEËN

SELECTIECRITERIA



Voornaamste criteria

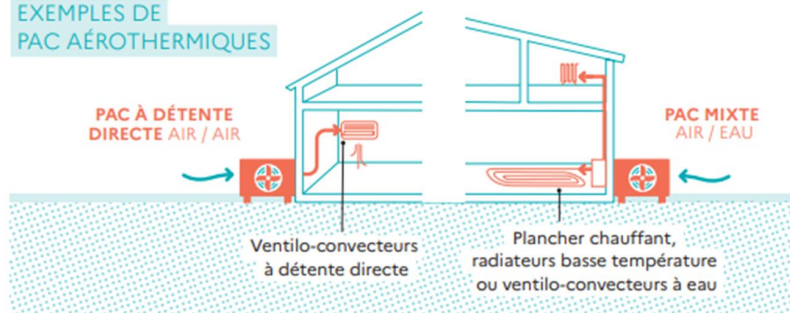
- ▶ Energiebehoeften, dimensioneringsvermogen
- ▶ Budget
- ▶ Gewenste prestaties
- ▶ Beschikbare buitenruimte/akoestische eisen
- ▶ Keuze van het koelfluidum



Koudebron

Aerothermie

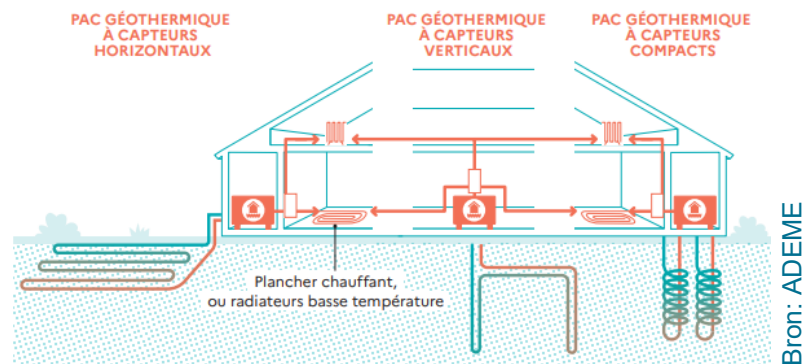
EXEMPLES DE PAC AÉROTHERMIQUES



+ Goede energieprestaties
(SCOP ~ 3,5)

- Geluidshinder

Geothermie



+ Zeer goede energieprestaties (SCOP ~ 4,5)

- Dure installatie



SEIZOENSPRESATIEFACTOR (SPF)

Prestaties – seizoensCOP (sCOP = SPF)

- Komt overeen met de gemiddelde prestatie gedurende een stookseizoen
- Voor correct gedimensioneerde en geregelde installaties met modulerende warmtepomp:

TYPE WARMTEPOMP	SPF (HT: 55 °C)	Rendement op primaire energie	SPF (LT: 35 °C)	Rendement op primaire energie
LUCHT - LUCHT	/	/	3,7	148 %
LUCHT – WATER	3,4	136 %	4,3	172 %
BODEM _H – WATER	4,3	172 %	4,8	192 %
BODEM _V – WATER	4,8	192 %	5,3	212 %

Bronnen: Waarden voor SPF W35DT5K en W55DT5K afkomstig van de gegevens van verscheidene fabrikanten volgens de testvoorwaarden van EN 14511 en volgens EN 14825 voor de methode om de seizoensrendementen te berekenen.



Technische criteria

- ▶ Temperatuurverschil: bron- en afgiftetemperatuur
- ▶ Drukspanning: absolute lage en hoge druk
- ▶ Toxiciteit en ontvlambaarheid

Milieucriteria

- ▶ ODP: Ozone Depletion Potential (ozonafbrekend vermogen)
- ▶ GWP: Global Warming Potential (aardopwarmingsvermogen)



KEUZE VAN HET KOELFLUIDUM

Gangbare fluïda

	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

HFK's

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	-	

Bron: <https://leefmilieu.brussels/>

* HFK = chloorfluorkoolwaterstoffen



KEUZE VAN HET KOELFLUIDUM

Gangbare fluïda

	R134a	R407C	R410A
Catégorie	HFKW	HFKW	FKW/HFKW
Nom de produit	Tétrafluoroéthane	-	-
Composition	R134a (100%)	R134a (52%) R125 (25%) R32 (23%)	R32 (50%) R125 (50%)
PRG ¹⁾	1430	1774	2088
Classe de sécurité ²⁾	A1	A1	A1
Toxicité	Faible toxicité	Faible toxicité	Faible toxicité
Inflammabilité	Aucune propagation des flammes	Aucune propagation des flammes	Aucune propagation des flammes
Bonnes caractéristiques pour :	- Applications à moyenne et haute température		- Efficacité maximale de l'installation - Faible quantité de fluide frigorigène par rapport aux autres fluides

	R513a	R32	R452B
Catégorie	HFO	HFKW	HFO
Nom de produit	Opteon™ XP10	Difluorméthane	Opteon™ XL55
Composition	R134a (44%) R1234yf (56%)	R32 (100%)	R32 (67%) R125 (7%) R1234yf (26%)
PRG ¹⁾	629	675	697
Classe de sécurité ²⁾	A1	A2L	A2L
Toxicité	Faible toxicité	Faible toxicité	Faible toxicité
Inflammabilité	Aucune propagation des flammes	Difficilement inflammable	Difficilement inflammable
Bonnes caractéristiques pour :	- Applications à moyenne et haute température - Applications alternatives au R134a	- Efficacité maximale de l'installation - Diamètre de tube réduit, grâce à de très bonnes propriétés thermodynamiques - Quantités de remplissage de réfrigérant relativement faibles	- Haute efficacité énergétique

	R290
Catégorie	Fluide frigorigène naturel
Nom de produit	Propane
Composition	R290 (100%)
PRG ¹⁾	0,02
Classe de sécurité ²⁾	A3
Toxicité	Faible toxicité
Inflammabilité	Hautement inflammable
Bonnes caractéristiques pour :	- Efficacité maximale de l'installation - Applications avec des températures de départ élevées jusqu'à 70 °C

Bron: catalogus Ochsner



Waarom propaan?

- ▶ Ecologische voordelen
 - Regelgeving F-gassen
 - Nieuwe Verordening (EU) 2024/573

SPLIT-UNITS				
Type unit	2027	2029	2033	2035
L/W < 12 kW	GWP 150			Natuurlijke koelfluida
L/L < 12 kW		GWP 150		Natuurlijke koelfluida
> 12 kW		GWP 750	GWP 150	

MONOBLOK-UNITS			
Type unit	2027	2030	2032
Chiller < 12 kW	GWP 150		Natuurlijke koelfluida
Chiller > 12 kW	GWP 750		
WP < 12 kW	GWP 150		Natuurlijke koelfluida
WP < 50 kW	GWP 150		
WP > 50 kW		GWP 150	





- ▶ Er zijn tal van oplossingen met warmtepompen die aan diverse configuraties en behoeften kunnen worden aangepast.
- ▶ De prestaties van een warmtepomp variëren sterk afhankelijk van het ontwerp van het volledige systeem, wat uiteraard een impact heeft op de economische en ecologische voordelen ervan.
 - ⇒ **Vereist een globale visie op de installatie**
- ▶ Warmtepompen zijn moeilijker te installeren en te onderhouden dan verwarmingsketels; installateurs hebben minder ervaring met deze technologie





Gids Duurzame Gebouwen

www.gidsduurzamegebouwen.brussels

- ▶ Thema Energie
[Voorziening | Warmtepomp](#)



Websites

- ▶ Opleidingen Duurzame Gebouwen
<https://leefmilieu.brussels/pro/diensten-en-aanvragen/advies-en-begeleiding/opleidingen-en-seminaries-duurzame-gebouwen-van-leefmilieu-brussel>
- ▶ Energie +: <https://energieplus-lesite.be>
- ▶ Buildwise: [Warmtepompen bij renovatie](#)



Opleidingen en seminars

- ▶ Schrijf u in voor de door Leefmilieu Brussel georganiseerde opleidingen
<https://leefmilieu.brussels/opleidingenduurzamegebouwen>

Raadpleeg [gratis](#) alle documentatie!



Juliette DEMBOUR

Projectingenieur

☎ 04 226 91 60

✉ info@ecorce.be

écorce
INGÉNIERIE & CONSULTANCE



BEDANKT VOOR UW AANDACHT

