

# OPLEIDING DUURZAME GEBOUWEN

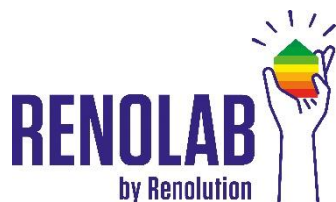
## WARMTEPOMPEN IN RENOLAB.B-PROJECTEN

LENTE 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

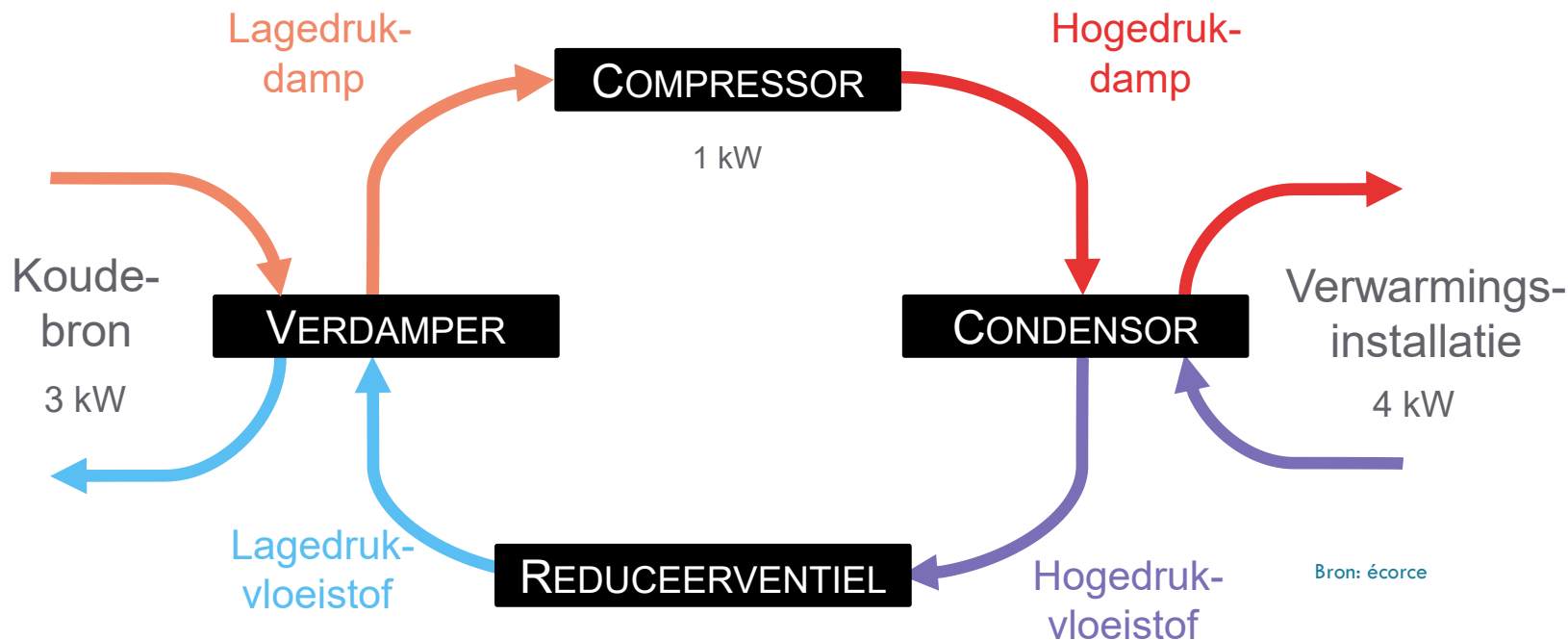
Bron: Julie Renaux

- ▶ 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  $T_{\text{koudebron}} = 10^\circ \text{C}$

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

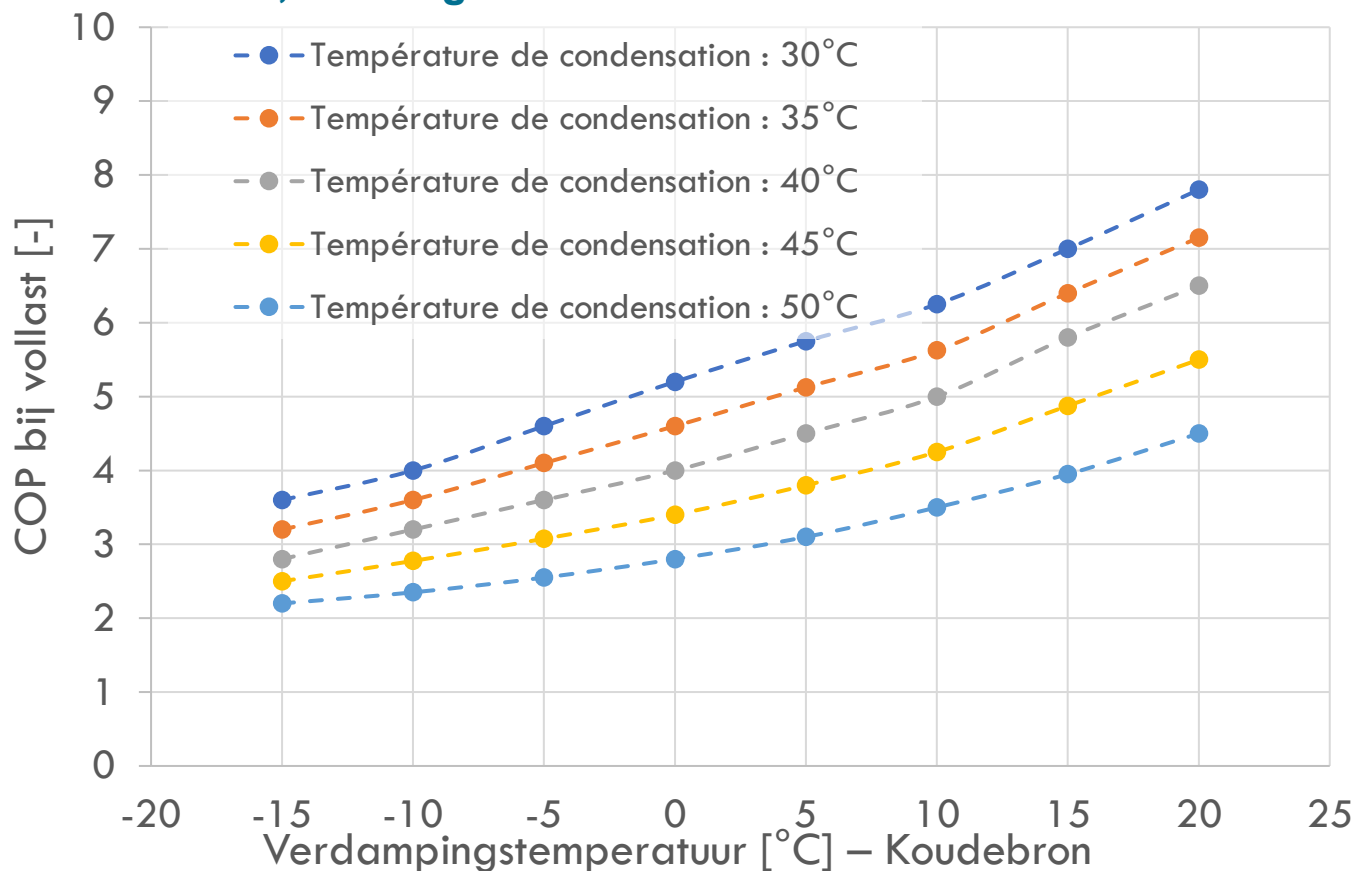
- $T_{\text{warmtebron}} = 45^\circ \text{C}$  en  $T_{\text{koudebron}} = 0^\circ \text{C}$

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



## INVLOED VAN DE TEMPERATUUR VAN DE BRONNEN

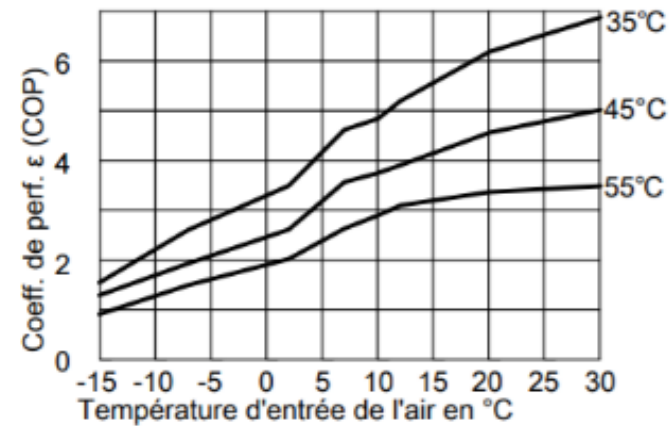
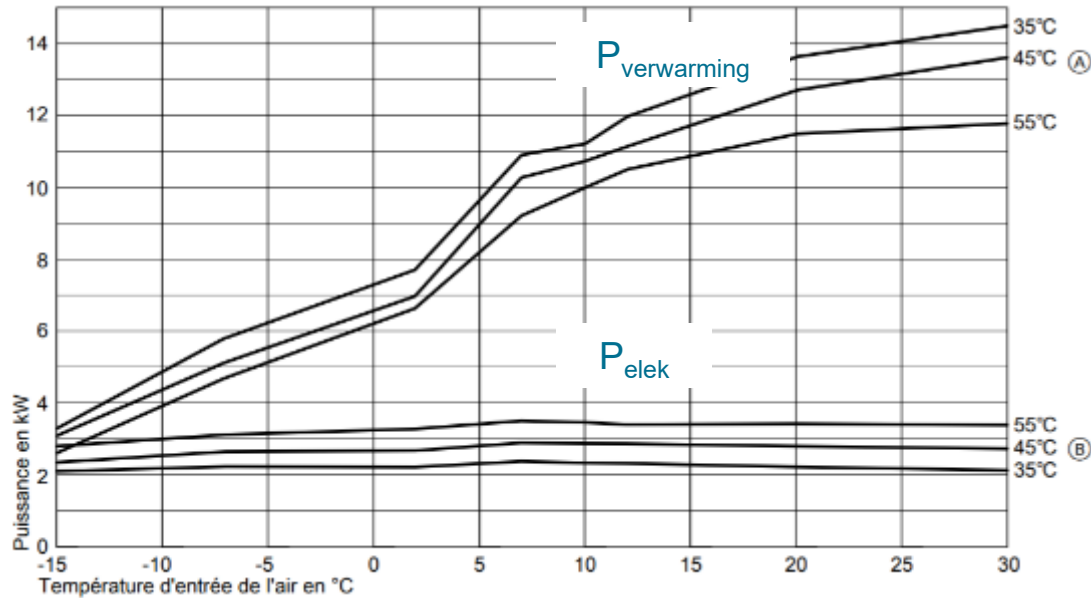
Hoe kleiner het temperatuurverschil tussen de warmtebron en de te verwarmen ruimte, hoe hoger de COP:



→ 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

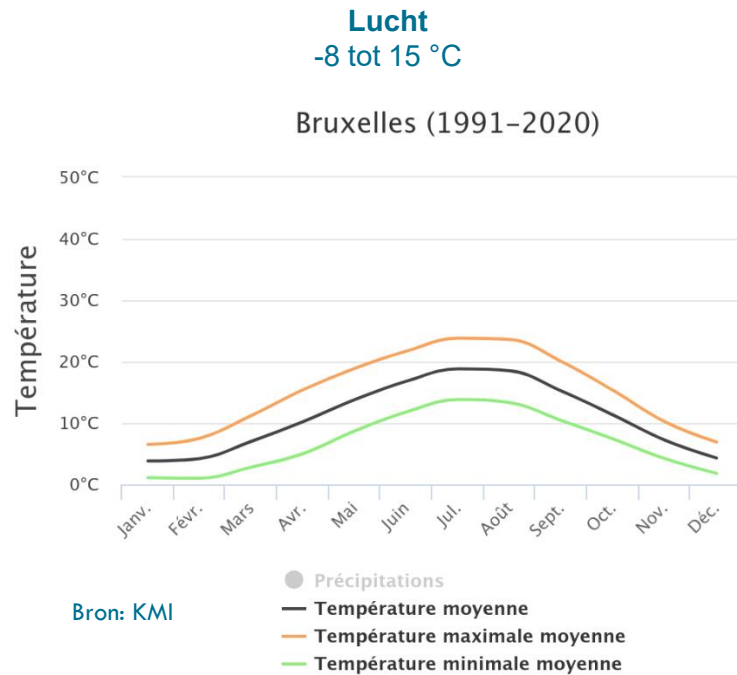
## **VOORSTELLING VAN DE TECHNOLOGIEËN**

## SELECTIECRITERIA

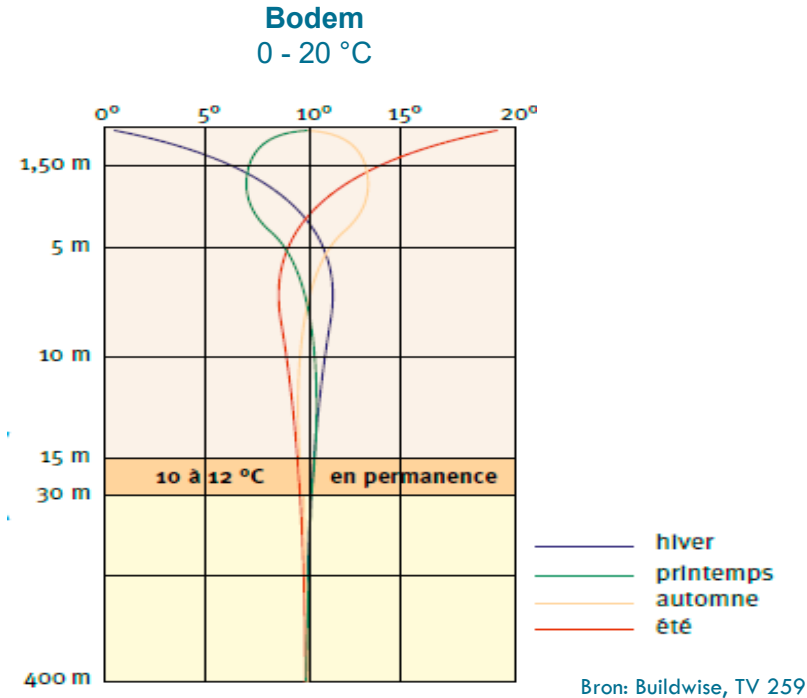


## Koudebronnen

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



### >> AEROTHERMIE

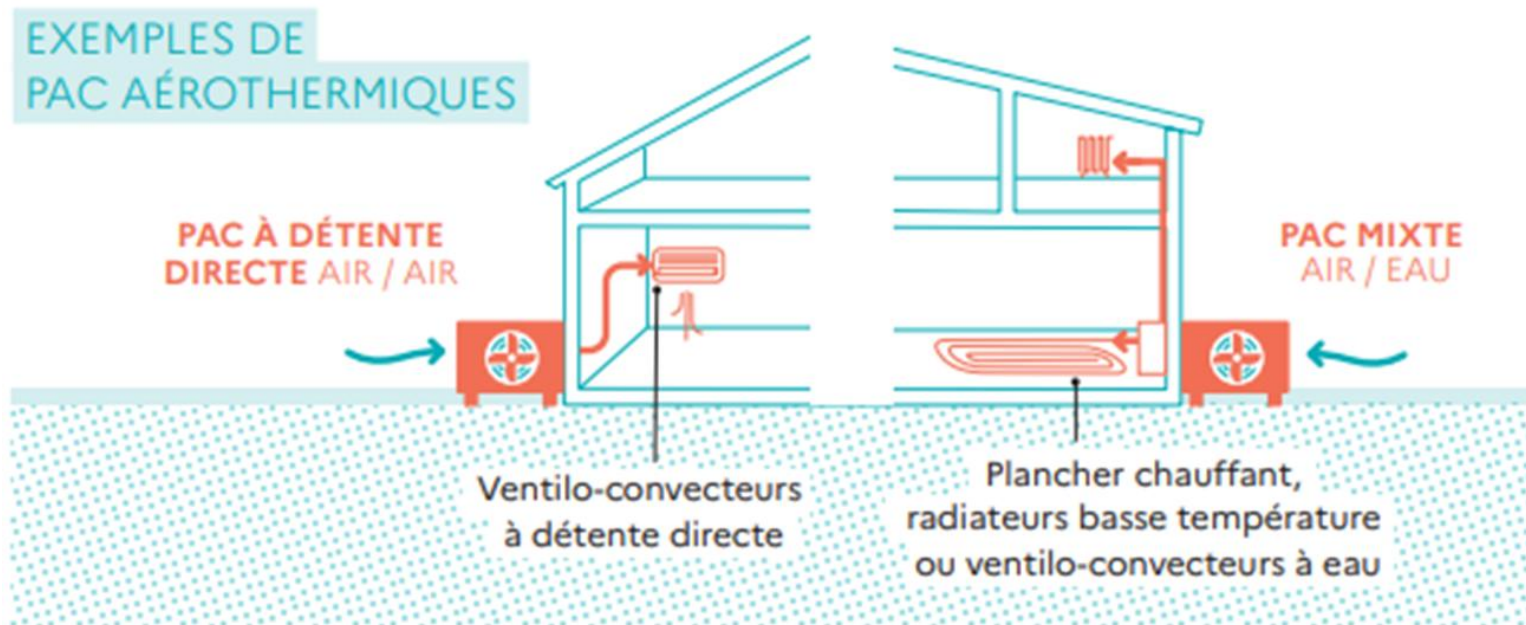


### >> GEOTHERMIE



## 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

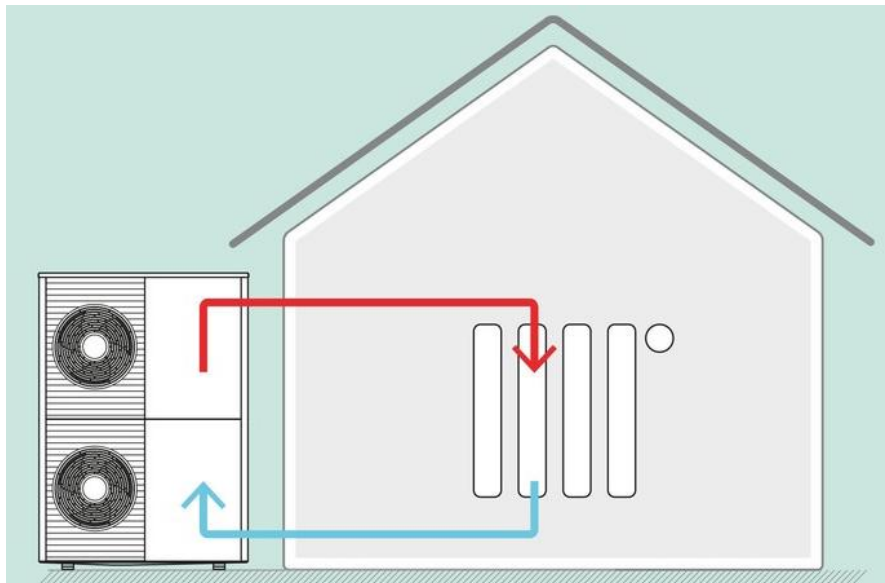


## Varianten aerothermische warmtepompen

- Lucht/water - Monoblok- of splittype

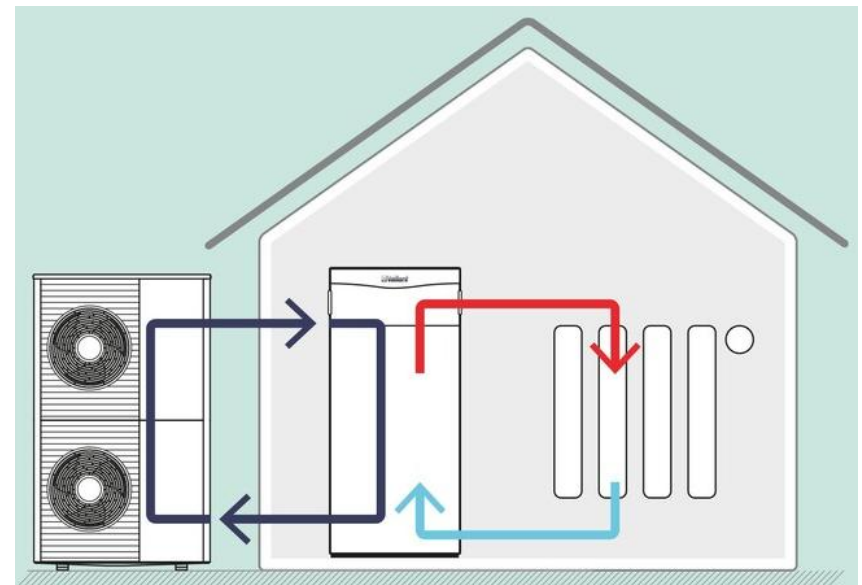
### Monobloktype

- 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 - Splitttype

Klein vermogen →



Bron: Aermec

Groot vermogen →

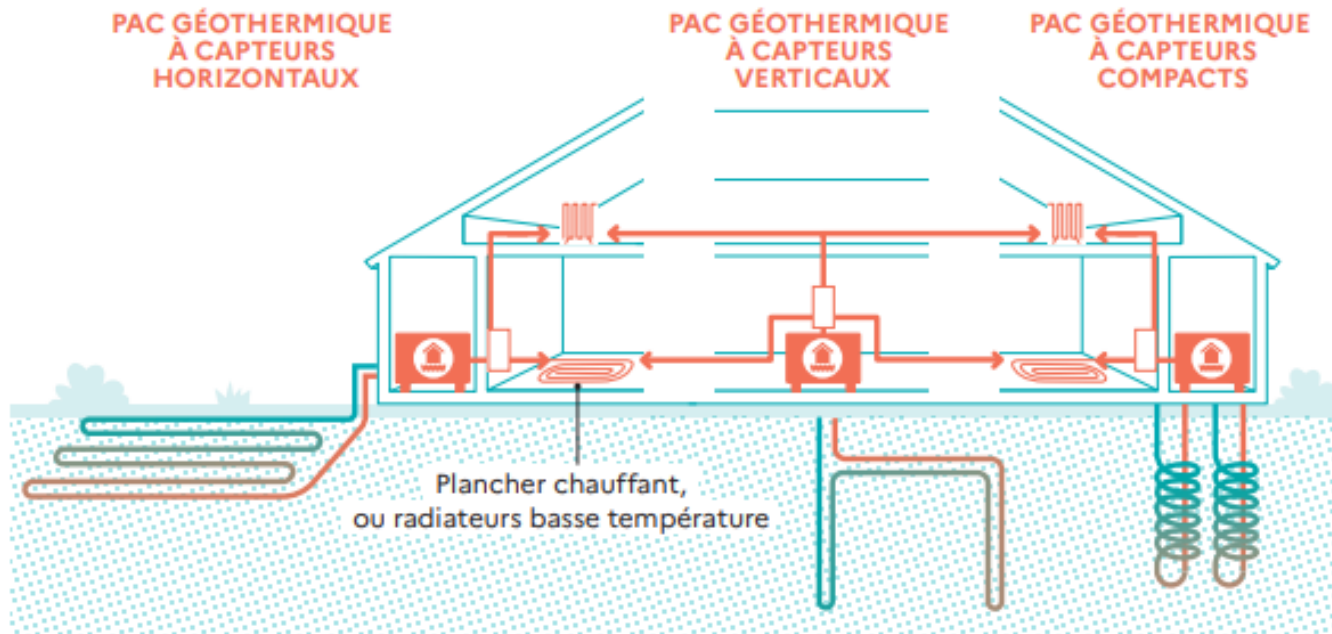


Bron: Öchsner

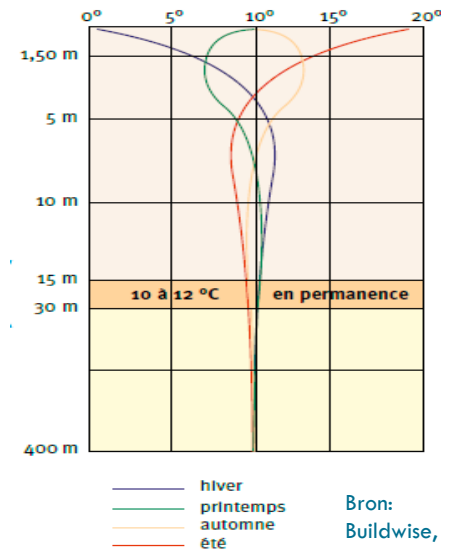


## Koudebron: bodem

### EXEMPLES DE PAC GÉOTHERMIQUES

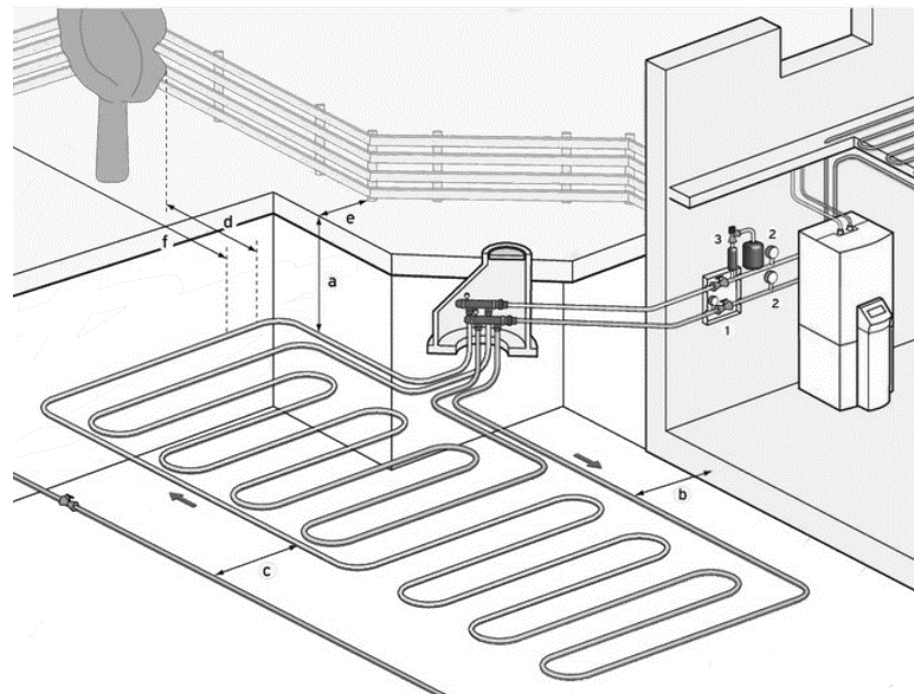


Bron: ADEME



## Varianten geothermische warmtepompen

- ▶ Horizontale captatie:
  - 0,6 → diepte van 1,2 m
  - ~25 W/m<sup>2</sup>



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

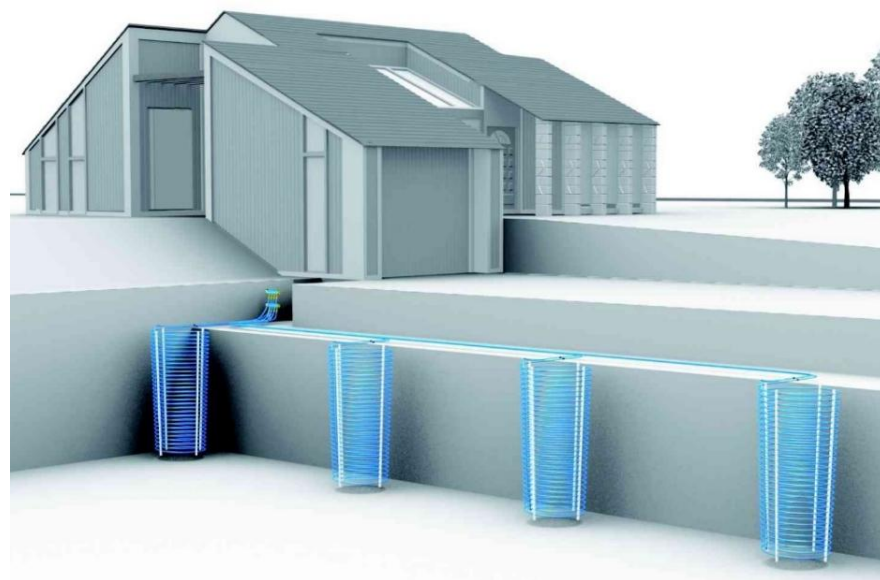


## Varianten geothermische warmtepompen

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

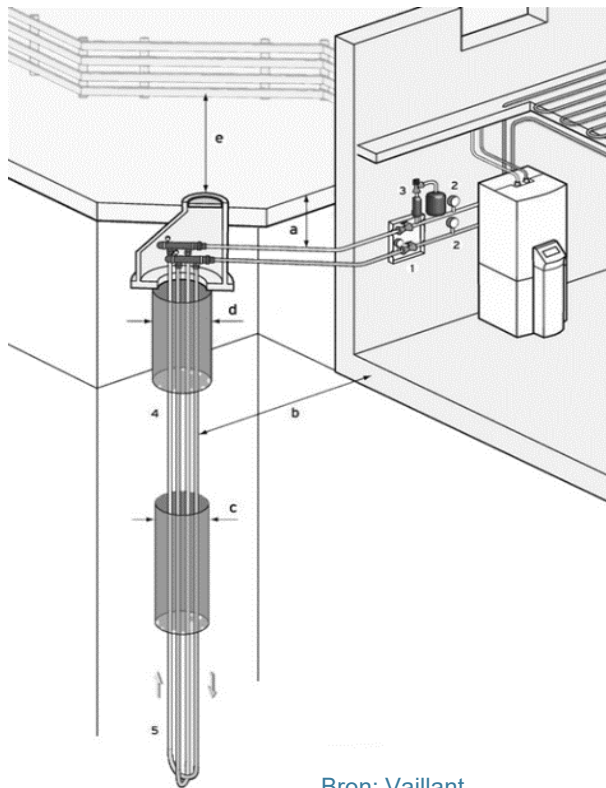


Bron: <http://www.af-sa.ch/>



## Varianten geothermische warmtepompen

- ▶ Verticale captatie (boringen):
  - 50 → 300 m
  - ~50 W/m<sup>2</sup> afhankelijk van bodemtype



Bron: Vaillant



Bron: écorce



## Boringen op moeilijk bereikbare plaatsen

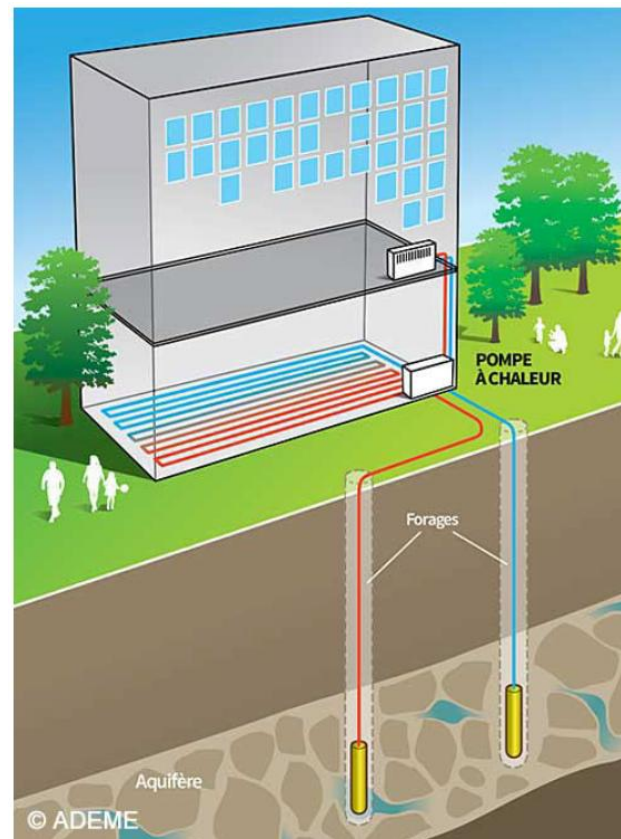


Bron: GeoGreen



## Varianten geothermische warmtepompen

- In grondwaterlaag:
  - ~7 kW voor 1 m<sup>3</sup>/u water



Bron: ADEME



## WERKINGSPRINCIPES

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

## VOORSTELLING VAN DE TECHNOLOGIEËN

## **SELECTIECRITERIA**



**Voornaamste criteria**

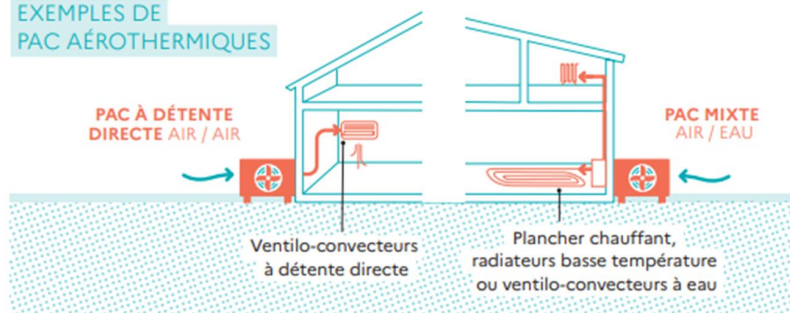
- ▶ Energiebehoeften, dimensioneringsvermogen
- ▶ Budget
- ▶ Gewenste prestaties
- ▶ Beschikbare buitenruimte/akoestische eisen
- ▶ Keuze van het koelfluidum



## Koudebron

### Aerothermie

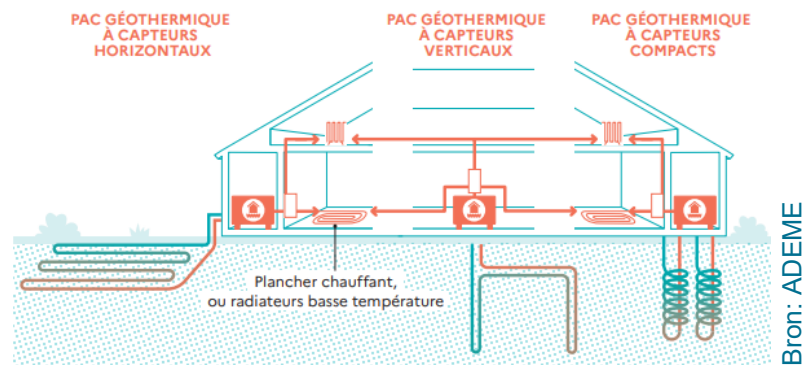
#### EXEMPLES DE PAC AÉROTHERMIQUES



+ 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<br>WARMTEPOMP         | SPF<br>(HT: 55 °C) | Rendement op<br>primaire energie | SPF<br>(LT: 35 °C) | Rendement op<br>primaire energie |
|----------------------------|--------------------|----------------------------------|--------------------|----------------------------------|
| LUCHT - LUCHT              | /                  | /                                | 3,7                | 148 %                            |
| LUCHT – WATER              | 3,4                | 136 %                            | 4,3                | 172 %                            |
| BODEM <sub>H</sub> – WATER | 4,3                | 172 %                            | 4,8                | 192 %                            |
| BODEM <sub>V</sub> – 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 <sub>2</sub> => |    |
|------------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------|-------|----------------------------------------|----|
| R134a                        | 1,1,1,2-tétrafluoroéthane                | CH <sub>2</sub> FCF <sub>3</sub>                                | A1                 | 1.430 | 3,5                                    | kg |
| R32                          | Diffuorométhane (fluorure de méthylène)  | CH <sub>2</sub> F <sub>2</sub>                                  | 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 <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub>                 | A3                 | 3     | -                                      |    |
| R600                         | Butane                                   | CH <sub>3</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>2</sub> CH <sub>3</sub> | A3                 | 4     | -                                      |    |
| R600A                        | 2-méthyl propane (isobutane)             | CH(CH <sub>3</sub> ) <sub>3</sub>                               | A3                 | 3     | -                                      |    |
| R717                         | Ammoniac                                 | NH <sub>3</sub>                                                 | B2L                | 0     | -                                      |    |
| R744                         | Dioxyde de carbone                       | CO <sub>2</sub>                                                 | A1                 | 1     | -                                      |    |
| R1270                        | Propène (propylène)                      | CH <sub>3</sub> CH = CH <sub>2</sub>                            | A3                 | 2     | -                                      |    |
| R1234 ze                     | Trans-1,3,3,3-tétrafluoroprop-1-ène      |                                                                 | A2L                | 7     | -                                      |    |
| R1234 yf                     | 2,3,3,3-tétrafluoroprop-1-ène            | CF <sub>3</sub> CF = CH <sub>2</sub>                            | A2L                | 4     | -                                      |    |
| R1233 zd                     | Trans-1-chloro-3,3,3-trifluoroprop-1-ène | CF <sub>3</sub> CH = CHCl                                       | A1                 | 4.5   | -                                      |    |

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

\* HFK = chloorfluorkoolwaterstoffen



## KEUZE VAN HET KOELFLUIDUM

## Gangbare fluïda

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

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

|                                         | <b>R290</b>                                                                                                     |
|-----------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Catégorie</b>                        | Fluide frigorigène naturel                                                                                      |
| <b>Nom de produit</b>                   | Propane                                                                                                         |
| <b>Composition</b>                      | R290 (100%)                                                                                                     |
| <b>PRG <sup>1)</sup></b>                | 0,02                                                                                                            |
| <b>Classe de sécurité <sup>2)</sup></b> | <b>A3</b>                                                                                                       |
| <b>Toxicité</b>                         | Faible toxicité                                                                                                 |
| <b>Inflammabilité</b>                   | Hautement inflammable                                                                                           |
| <b>Bonnes caractéristiques pour :</b>   | - Efficacité maximale de l'installation<br>- 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](http://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](mailto:info@ecorce.be)

**écorce**  
INGÉNIERIE & CONSULTANCE



**BEDANKT VOOR UW AANDACHT**

