

OPLEIDING DUURZAME GEBOUWEN

WARMTEPOMP: ONTWERP

HERFST 2017

Relevantiestudie - technische, milieu- en economische
evaluatie

François RANDAXHE

écORCE
L'ÉNERGIE EN CONSTRUCTION





- ▶ Analyseren van de technische, economische en milieuredenen die de integratie van een warmtepomp rechtvaardigen.
- ▶ Makkelijk het volgende kunnen bepalen:
 - de haalbaarheid en het mogelijke type warmtepomp
 - de mogelijke economische en milieuwinst
 - of de geselecteerde oplossing voorrang heeft op de andere technologieën
- ▶ Benaderende waarden geven voor een eerste analyse
 - ⇒ Deze presentatie wil sleutels aanreiken om vrij snel de haalbaarheid en het voordeel van een warmtepomp in een concreet project te kunnen inschatten om zo de beste productiewijze te kiezen.



TECHNISCHE EVALUATIE

- ▶ **Leent het project zich tot de installatie van een warmtepomp?**
 - Staat van het gebouw
 - Site (ruimte, beschikbare energie, nabijheid, ...)
- ▶ Welke bronnen kiezen?
 - Koude: sondes
 - Warmte: afgifte-elementen
- ▶ Werkingswijze

MILIEU-EVALUATIE

- ▶ Effecten
 - Ozonlaag, broeikaseffect, lawaai, ...

ECONOMISCHE EVALUATIE

- ▶ Specifieke energiepremies

ONTWERP VAN EEN WP-PROJECT

- ▶ Samenvatting



Staat van het gebouw

De installatie van een warmtepomp is geschikter **bij nieuwbouw of bij een zware renovatie**.

De warmtepomp zal betere prestaties leveren als het gebouw goed geïsoleerd is. De isolatie beperkt de behoeften en laat toe de temperatuur van de warmtebron te verlagen.

De overgang van een HT- naar een **LT-regime** laat toe **de COP te verbeteren**.



Benaderende waarden voor de warmtebehoefte

(bron: www.energieplus-lesite.be)

- nieuw gebouw, isolatie op passief niveau: 10 W/m²
- nieuw gebouw, isolatie van zeer goede kwaliteit: 40 W/m²
- nieuw gebouw, isolatie van goede kwaliteit: 50 W/m²
- gebouw met gewone isolatie: 80 W/m²
- oud gebouw zonder speciale isolatie: 120 W/m²



Inplanting

- Beschikbare ruimte
 - ⇒ Geothermische warmtepomp
 - horizontaal: vereiste vrije oppervlakte (vrij van struikgewas,...)
≈ 2x bewoonbare oppervlakte
 - verticaal: onder een (nieuw) gebouw of in een vrije ruimte
- Nabijheid van burenen
 - ⇒ Buiten geïnstalleerde warmtepomp lucht/... : geluidshinder
- Beschikbare bronnen - vergunningen
 - ⇒ Warmtepomp water/...: grondwaterlaag, vijver, rivier,...
 - ⇒ Geothermische warmtepomp: kwaliteit van de bodem
- Beschikbare energievectoren
 - ⇒ Keuze tussen warmtepomp met gas- of met elektromotor



TECHNISCHE EVALUATIE

- ▶ Leent het project zich tot de installatie van een warmtepomp?
 - Staat van het gebouw
 - Site (ruimte, beschikbare energie, nabijheid, ...)
- ▶ **Welke bronnen kiezen?**
 - Koude: sondes
 - Warmte: afgifte-elementen
- ▶ Werkingswijze

MILIEU-EVALUATIE

- ▶ Effecten
 - Ozonlaag, broeikaseffect, lawaai, ...

ECONOMISCHE EVALUATIE

- ▶ Specifieke energiepremies

ONTWERP VAN EEN WP-PROJECT

- ▶ Samenvatting



Beschikbare types koudebron

Bron	Type	In aanmerking te nemen aspecten
Lucht	statisch	Plaatsinname van de sonde
	dynamisch	Nabijheid van buren (geluidshinder)
Water	grondwater	Hoeveelheid en kwaliteit van het water
	oppervlaktewater	Hoeveelheid en kwaliteit van het water
Grond	horizontaal	Beschikbare grondoppervlakte en type grond
	verticaal	Type grond (geologische analyse)

Bron: www.ef4.be





Koudebron

Statische lucht:

Grote temperatuurschommelingen (0 °C tot + 15 °C)

⇒ seizoengebonden COP: 2,5 tot 3,5

Grondwater:

Kleine temperatuurschommelingen (+6 °C tot + 10 °C)

⇒ seizoengebonden COP: 3 tot 4,5

Oppervlaktewater:

Kleine temperatuurschommelingen

⇒ seizoengebonden COP: 3 tot 4,5

Grond - horizontaal:

Grotere temperatuurschommelingen op geringe diepte

⇒ seizoengebonden COP: 3 tot 4

Grond - verticaal:

Kleine temperatuurschommelingen

⇒ seizoengebonden COP: 3 tot 4



Bruikbare types warmtebron

Bron	Type	In aanmerking te nemen aspecten
Lucht	Multisplit	Maximaal aantal splitunits per kring
	Luchtnet	Dimensionering van het luchtnet (debiet, ...)
Water	Vloerverwarming	Vloerbekleding
	Ventilerende convector	Geluid van de ventilator
	LT-radiator	Afmetingen van LT-radiator
Grond	Vloerverwarming	Vloerbekleding Hoeveelheid koelmiddel

Bron: www.ef4.be

Warmtebronnen met te hoge temperatuur die de COP verlagen,
moeten worden vermeden

Maximale verwarmingstemperatuur: 50 °C



Warmtebron

▶ Water

- Systeem gedimensioneerd voor een vertrektemperatuur tussen 35 °C en 45 °C bij een buitentemperatuur van -8 °C.
- Geschikt voor vloerverwarming en radiatoren met groot stralingsoppervlak als het gebouw zeer goed geïsoleerd is.
- Voor systemen met hogere temperatuur moet een aanvulling worden voorzien (bivalente werking, bijverwarming, ...)

▶ Lucht

- Ideaal temperatuurbereik voor een warmtepomp (15 - 30 °C)
- Geen SWW-bereiding of warmteaccumulatie in daluren mogelijk
- Vermijdt het gebruik van een tussentransportmedium en een warmtewisselaar. Het rendement van de directe warmtewisselaar (transportmedium - lucht) is echter minder performant.
- Luchtverwarming vereist grotere kanalen en neemt dus meer plaats in. Dit nadeel kan worden omzeild door installaties met luchtbehandeling rechtstreeks in de betreffende ruimte (multisplit, DRV of WP op waterkring)



TECHNISCHE EVALUATIE

- ▶ Leent het project zich tot de installatie van een warmtepomp?
 - Staat van het gebouw
 - Site (ruimte, beschikbare energie, nabijheid, ...)
- ▶ Welke bronnen kiezen?
 - Koude: sondes
 - Warmte: afgifte-elementen

- ▶ **Werkingswijze**

MILIEU-EVALUATIE

- ▶ Effecten
 - Ozonlaag, broeikaseffect, lawaai, ...

ECONOMISCHE EVALUATIE

- ▶ Specifieke energiepremies

ONTWERP VAN EEN WP-PROJECT

- ▶ Samenvatting



Werking	Werkingsprincipe
Monovalent	De warmtepomp werkt alleen en dekt 100 % van de behoeften tijdens het volledige stookseizoen
Mono-energetisch	De warmtepomp werkt alleen tot een bepaalde buitentemperatuur (evenwichtspunt). Onder deze temperatuur werkt ze in combinatie met een elektrische bijverwarming.
Bivalent-parallel	De warmtepomp werkt alleen tot een bepaalde buitentemperatuur (bivalentiepunt). Onder deze temperatuur wordt ze ondersteund door een verwarmingsketel.
Bivalent-alternatief	De warmtepomp werkt alleen tot een bepaalde buitentemperatuur (bivalentiepunt). Onder deze temperatuur wordt de warmtepomp uitgeschakeld en wordt een verwarmingsketel ingeschakeld.

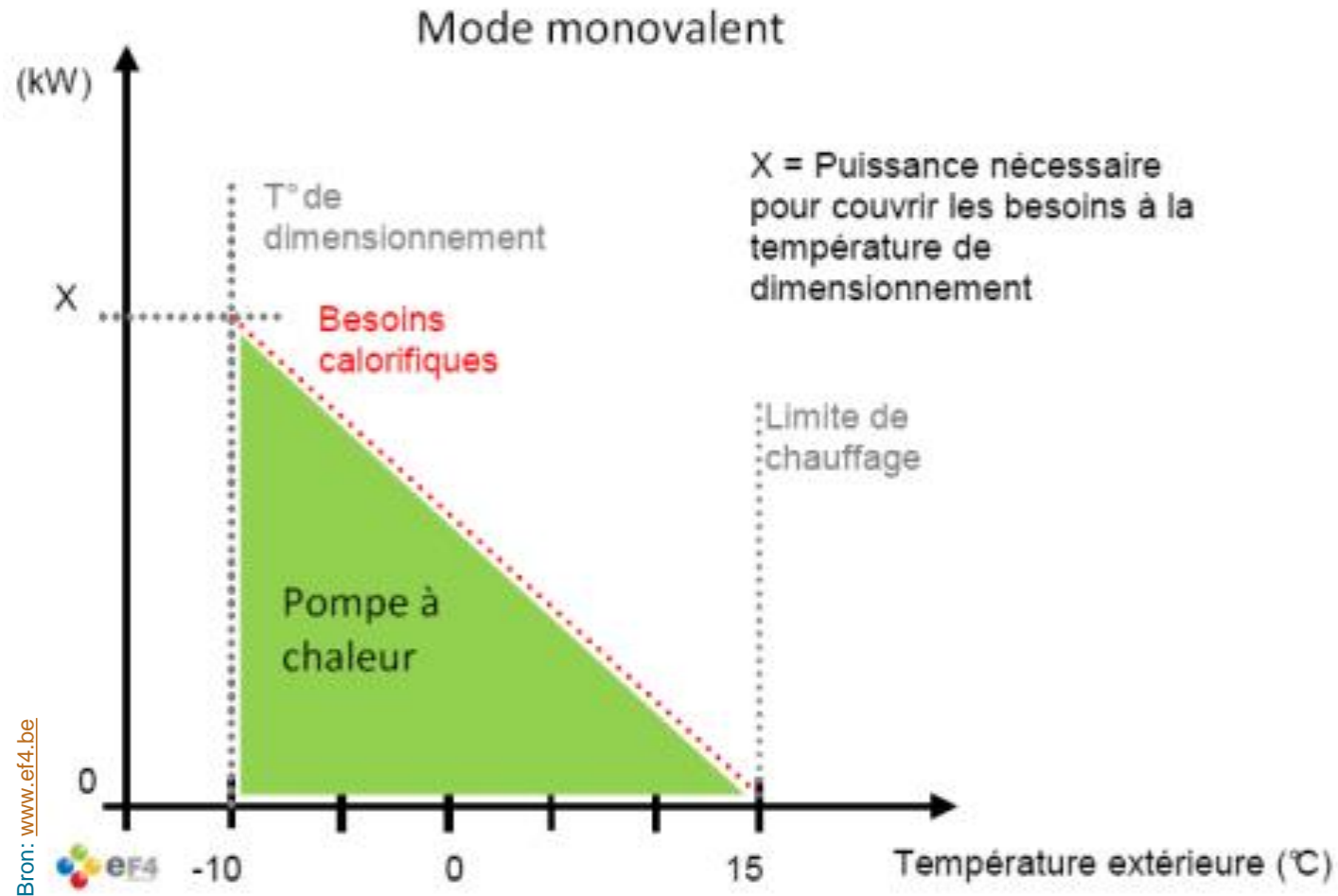
Bron: <http://www.ef4.be>

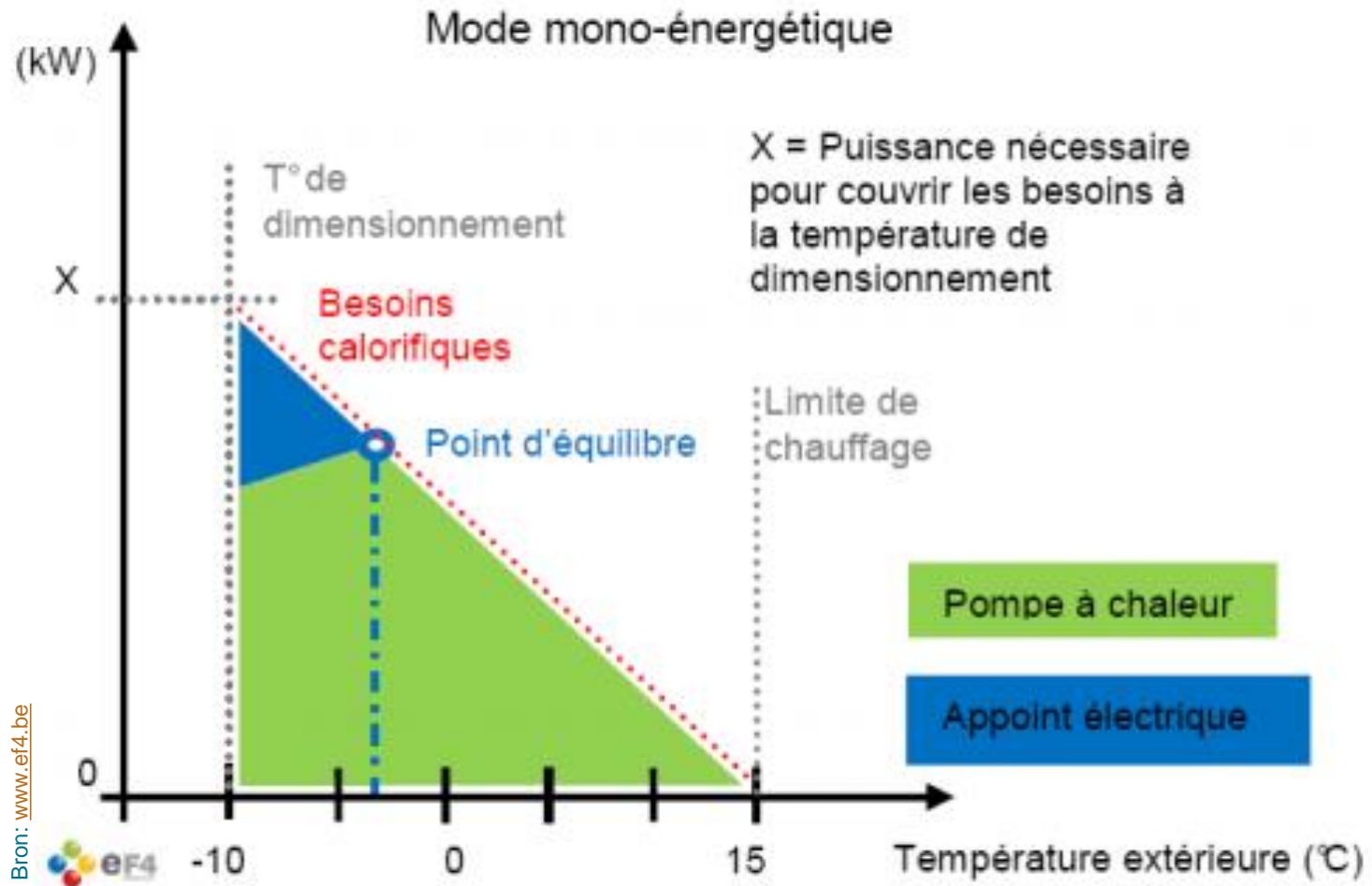
‘Monovalent’ en **‘Mono-energetisch’**: genieten de voorkeur bij nieuwbouw waar elektriciteit dan de enige energiebron is.

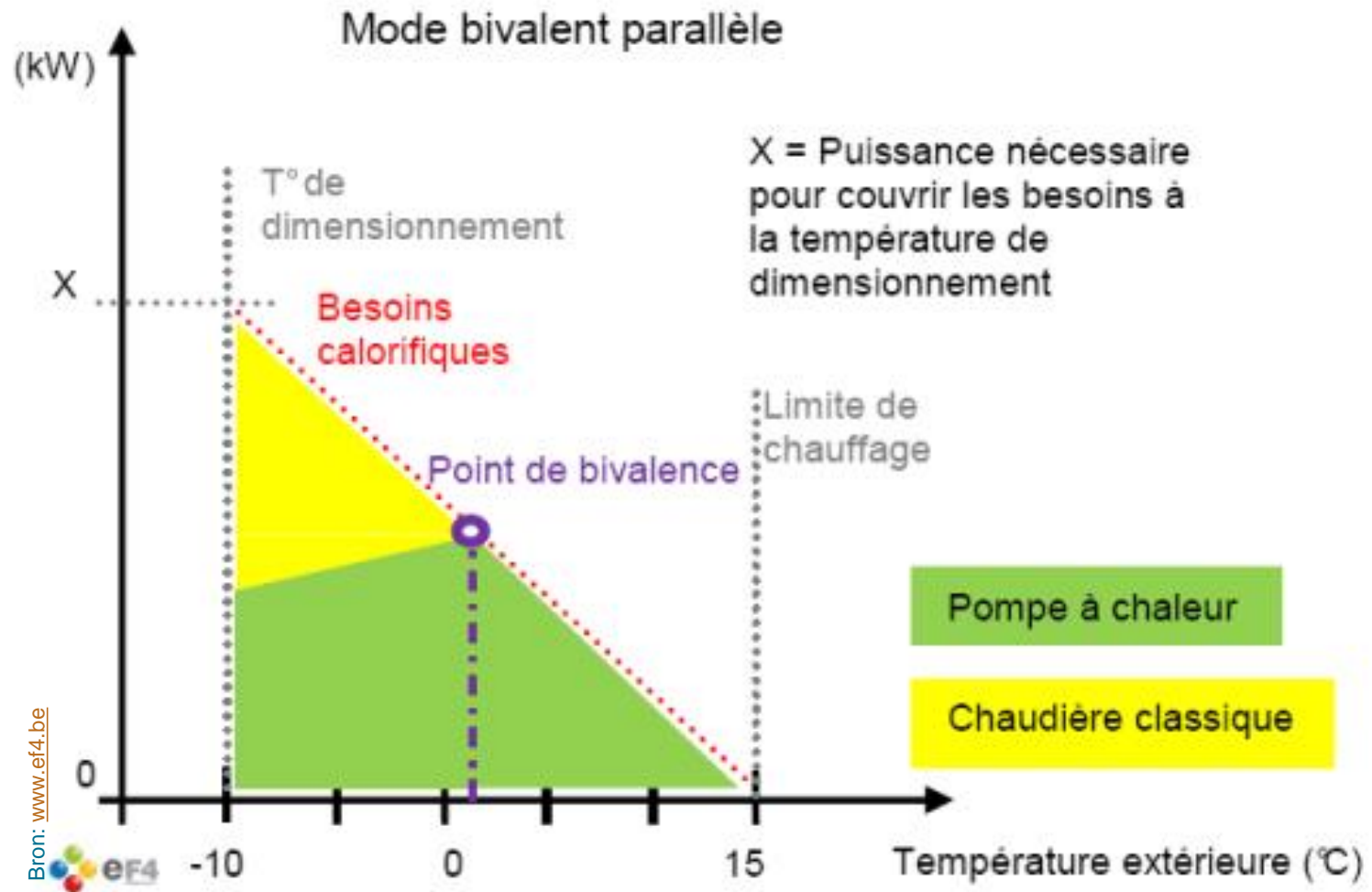
‘Bivalent-parallel’ en **‘Bivalent-alternatief’**: interessanter bij renovatie waar er reeds een verwarmingskring met verwarmingsketel aanwezig is; anders hogere investering voor twee systemen.

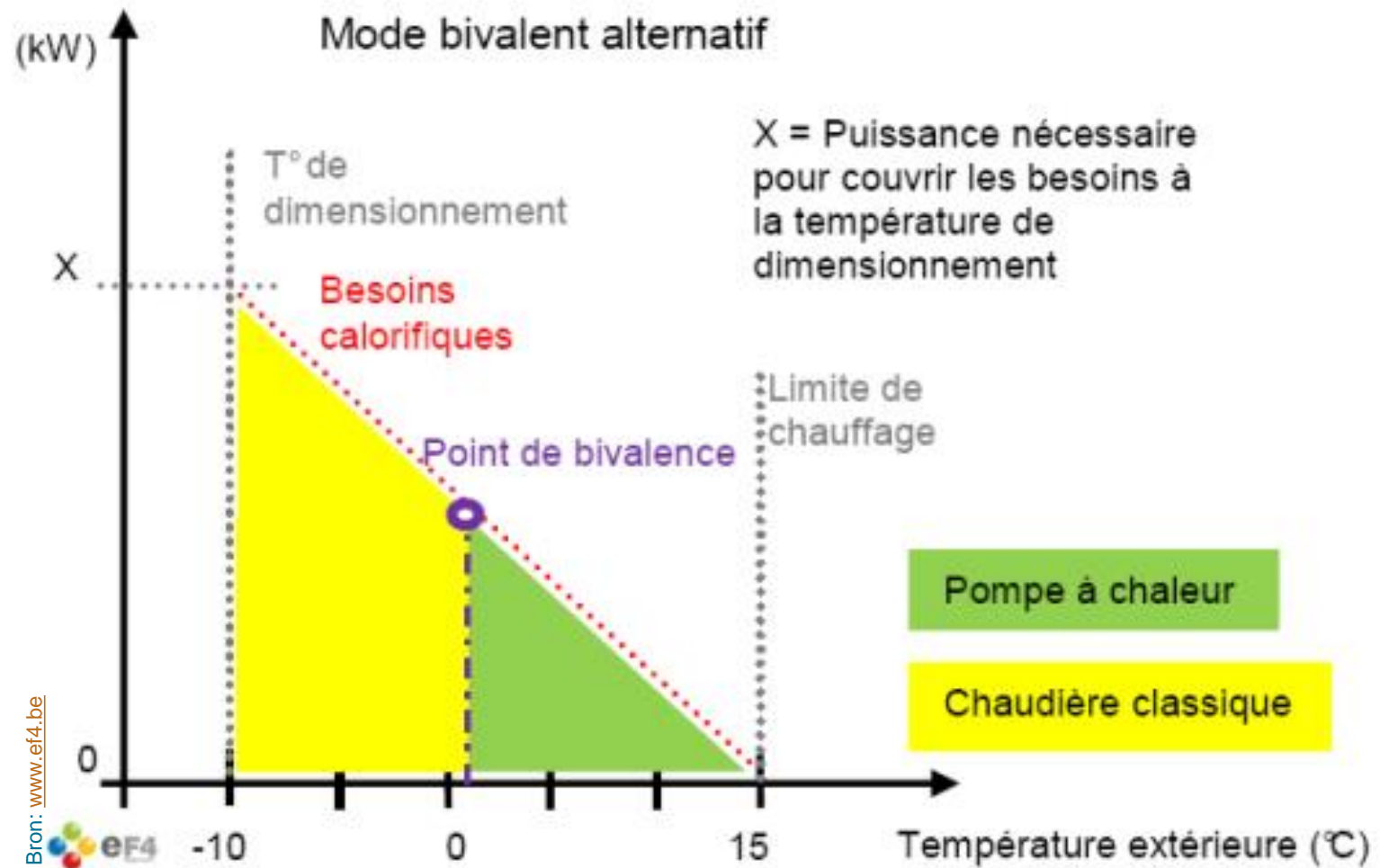
Dient voor elk geval afzonderlijk bekeken te worden











Monovalent

- ▶ Geniet de voorkeur gezien de lagere installatiekosten

Bivalent

- ▶ Vereist wanneer het te leveren vermogen te hoog is ten opzichte van de koudebron of wanneer de temperatuur van het net meer dan 50 °C moet bedragen (renovatie met behoud van de kring)
- ▶ Alternatieve werking
 - Voordeel van eenvoud (makkelijk te begrijpen en te regelen)
- ▶ Parallele werking
 - Voordeel van de prestaties; de warmtepomp werkt gedurende het hele stookseizoen
 - Betere ecologische balans
 - Grotere besparing op werkingskosten

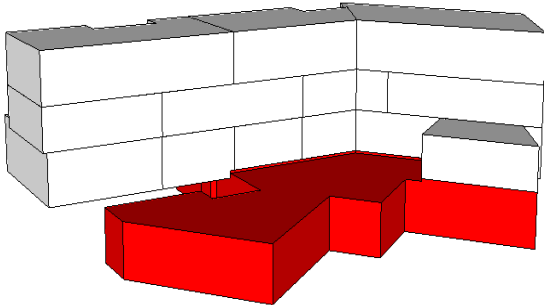
Mono-energetisch

- ▶ Compromis: beperkte investering voor goede prestaties, maar minder milieuvriendelijk en draagt bij tot (over)belasting van het net





- ▶ Casco handelsruimte op het gelijkvloers van een nieuwbouw met zeer goede prestaties



Oppervlakte: 460 m²

Warmtebehoefte: 28 kWh/m².jaar

Koudebehoefte: 13 kWh/m².jaar

SWW-behoefte: verwaarloosbaar ten opzichte van W/K

Verwarmingsvermogen: 23 kW - Koelvermogen: 10 kW (PHPP)

Referentietechnologie: gasketel

Verworpen WP-technologie op basis van koudebron:

Grond: terrein niet geschikt en te weinig plaats

Water: geen grondwater of oppervlaktewater

Overwogen technologie: **lucht/water-** of **lucht/lucht- warmtepomp**

Werkingswijze: mono-energetisch om 2 vectoren te vermijden en de prestaties van de warmtepomp in nominale omstandigheden te verbeteren



TECHNISCHE EVALUATIE

- ▶ Leent het project zich tot de installatie van een warmtepomp?
 - Staat van het gebouw
 - Site (ruimte, beschikbare energie, nabijheid, ...)
- ▶ Welke bronnen kiezen?
 - Koude: sondes
 - Warmte: afgifte-elementen
- ▶ Werkingswijze

MILIEU-EVALUATIE

- ▶ **Effecten**
 - Ozonlaag, broeikaseffect, lawaai, ...

ECONOMISCHE EVALUATIE

- ▶ Specifieke energiepremies

ONTWERP VAN EEN WP-PROJECT

- ▶ Samenvatting



Ozonlaag

Gebruik van koelmiddelen:

CFK's (chloorfluorkoolwaterstoffen) verboden sedert 2000

HCFK's (hydrochloorfluorkoolwaterstoffen) verboden sedert 2015

De huidige warmtepompen gebruiken koelmiddelen die de ozonlaag niet aantasten (HFC, ammoniak, CO₂, propaan, ...)

Broeikaseffect

Twee bronnen van broeikasgassen (BKG):

Primair-energieverbruik voor de warmtepomp

In de warmtepompkring gebruikt type koelmiddel

TEWI (Total Equivalent Warming Impact): **te beperken**

Som van de directe impact van de koelmiddelen en van de indirecte impact van de CO₂-emissies.

BKG hoofdzakelijk te wijten aan de werkingsenergie van de warmtepomp; als deze energie op hernieuwbare wijze geproduceerd kan worden, worden de gevolgen voor het leefmilieu aanzienlijk beperkt.



Geluid

De warmtepomp bevat bewegende mechanische onderdelen; er stroomt ook lucht door, ... Dit alles genereert achtergrondlawaai bij werking. Dit lawaai neemt toe in ongunstige omstandigheden.



Een warmtepomp genereert ongeveer:

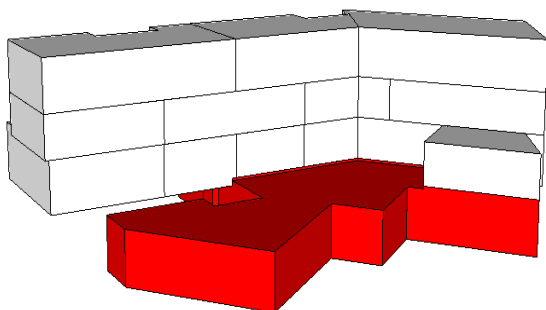
(bron: www.energieplus-lesite.be)

- 50 tot 60 dB op een afstand van 1 m
- 40 dB op een afstand van 5 m.





- Handelsruimte op het gelijkvloers van een nieuwbouw met zeer goede prestaties



	PE	CO ₂
Elektr.	1 kWh _{final} = 2,5 kWh _{PE}	0,277 kg _{CO2} /kWh _{final}
Gas	1 kWh _{final} = 1 kWh _{PE}	0,182 kg _{CO2} /kWh _{final,GCV}

Behoefte: verwarming 12.880 kWh/jaar - koeling 5.980 kWh/jaar

		Gas	WP lucht/lucht	WP lucht/water
Globaal rendement	W	83,8 %	317,5 %	293,3 %
	K	486 %	529 %	436 %

		Gas	WP lucht/lucht	WP lucht/water
Eindverbruik [kWh/jaar]	W	15.369	4.056	4.392
	K	1.230	1.130	1 372





- Handelsruimte op het gelijkvloers van een nieuwbouw met zeer goede prestaties

		Gas	WP lucht/lucht	WP lucht/water
Primair- energieverbruik [kWh/jaar]	W	15.369	10.141	10.980
	K	3.076	2.825	3.431
		Gas	WP lucht/lucht	WP lucht/water
CO ₂ -emissie [kg _{CO2} /kWh _{final}]	W	2.797	1.124	1.217
	K	341	313	380
	Totaal	3.138	1.437	1.597

De CO₂-emissie wordt met ongeveer de helft verminderd bij gebruik van warmtepompen

Met de prestaties van de overwogen warmtepompen blijkt lucht als warmtebron een iets grotere winst op te leveren dan water.



TECHNISCHE EVALUATIE

- ▶ Leent het project zich tot de installatie van een warmtepomp?
 - Staat van het gebouw
 - Site (ruimte, beschikbare energie, nabijheid, ...)
- ▶ Welke bronnen kiezen?
 - Koude: sondes
 - Warmte: afgifte-elementen

MILIEU-EVALUATIE

- ▶ Effecten
 - Ozonlaag, broeikaseffect, lawaai, ...

ECONOMISCHE EVALUATIE

- ▶ **Specifieke energieprijzen**

ONTWERP VAN EEN WP-PROJECT

- ▶ Samenvatting



Werkingskosten

Elektriciteitsprijs: $\approx 0,2 \text{ €}_{\text{excl.btw}}/\text{kWh}$

Gasprijs: $\approx 0,05 \text{ €}_{\text{excl.btw}}/\text{kWh}$

De elektriciteitsprijs is bijna 4x hoger dan de gasprijs.

Het economische belang van een warmtepomp is dus sterk afhankelijk van de prestaties van de warmtepomp en dus van haar COP.

Investeringskosten

Totale kosten afhankelijk van de koudebron:

Laag: buitenlucht, afvalwarmte (processen of klimaatregeling)

Matig tot hoog: oppervlaktewater (afhankelijk van nabijheid)

Hoog: grondwaterlaag, geothermie

Voor een bivalente installatie liggen de investeringskosten hoger dan voor een monovalente installatie.



Benaderende prijs

Type warmtepomp		Investering [€ excl.btw/verwarmde m ²]
Lucht	Lucht	50...90
Lucht	Water	70...120
Water	Water	100...150
Glycolwater	Water (horizontaal)	100...150
Glycolwater	Water (verticaal)	110...160
Grond	Grond of water	110...160

Bron: Prijs 2009
www.ef4.be



PREMIE C4: Verwarming

Residentieel

Premiebedrag per woning: (A: € 4.250 - B: € 4.500 - C: € 4.750)

Verhoogd met 10 % in RVOHR- en ZSR-zones.

Maximaal 50 % van de in aanmerking komende kosten van de factuur.

Tertiair

Premiebedrag: 25 % van de in aanmerking komende kosten van de factuur

Technische criteria

1. Voor $P_{\text{nom.}} < 50 \text{ kW}_{\text{th}}$: door RESCERT gecertificeerde installateur voor warmtepompen

2. Residentieel

Komen in aanmerking voor de premie: de niet-omkeerbare warmtepompen van het type pekel/water, water/water, lucht/water die met een warmwaterkring in het gebouw werken

Tertiair

Omkeerbare warmtepompen komen in aanmerking



Technische criteria (vervolg)

3. $P_{\text{nominaal}} \leq 70 \text{ kW}$:

De warmtepomp moet minstens tot energieklassen A⁺ behoren

$P_{\text{nominaal}} \geq 70 \text{ kW}$:

De COP van de installatie (volgens EN 14511) moet gelijk zijn aan of hoger zijn dan de eisen van de laatste versie van het Europese ecolabel

4. Beschikken over een luchtinlaat buiten of buiten het beschermde volume of ter hoogte van de extractielucht van de ventilatie
5. Gedimensioneerd voor de verwarmingsbehoeften van het gebouw
6. Elektriciteitsmeters die toelaten het verbruik van de warmtepomp en de hulpapparatuur van de installatie te meten
7. Warmtemeter die toelaat de echte seizoensgebonden prestaties van de installatie te meten
8. Uitgesloten van de premie:
 - warmtepompen die dienen om het water van een privé- of niet-gemeenschappelijk zwembad te verwarmen
 - omkeerbare warmtepompen in de residentiële sector, die de klimaatregeling van het gebouw mogelijk maken.

Meer informatie: [Gids Energiepremie C4](#)



PREMIE C5: Sanitair warm water

Residentieel (renovatie (> 10 jaar) of nieuwbouw)

Premiebedrag per woning: (A: € 1.400 - B: € 1.500 - C: € 1.600)

Verhoogd met 10 % in RVOHR- en ZSR-zones.

Maximaal 50 % van de in aanmerking komende kosten van de factuur.

Technische criteria

1. Warmtepomp van het type lucht/water (die met een warmwaterkring in het verwarmde gebouw werkt)
2. Energieklasse A
3. Luchtinlaat buiten, buiten het beschermde volume of ter hoogte van de luchtextractie
4. Gedimensioneerd voor de SWW-behoefte
5. Elektriciteitsmeter (verbruik van warmtepomp en hulpapparatuur)
6. Uitgesloten: warmtepompen die dienen om zwembadwater te verwarmen.

Meer informatie: [Gids Energiepremie C5](#)





Voorbeeld

Verwarmingsbehoefte
12.746 kWh/jaar

Globaal rendement	Referentie	WP lucht/lucht	WP lucht/water
Verwarming	83,8 %	317,5 %	293,3 %
Koeling	486 %	529 %	435,71 %

	Referentie	WP lucht/lucht	WP lucht/water
Verbruik	15.209 kWh _W 1.240 kWh _K	4.014 kWh _W 1.139 kWh _K	4.346 kWh _W 1.383 kWh _K
Eenheidskost	0,0537 €/kWh _{gas} 0,1983€/kWh _{elek}	0,1983 €/kWh _{gas}	0,1983 €/kWh _{gas}
Jaarlijkse kosten	1.343 €/jaar	1.022 €/jaar	1.136 €/jaar
Onderhoudskosten	60 €/jaar	130 €/jaar	180 €/jaar
Investering	18.700 € _W 11.000 € _K	25.000 € _W 0 € _K	27.000 € _W 0 € _K
Terugverdientijd	-	19 jaar	31 jaar
Terugverdientijd zonder koeling	-	128 jaar	50 jaar



TECHNISCHE EVALUATIE

- ▶ Leent het project zich tot de installatie van een warmtepomp?
 - Staat van het gebouw
 - Site (ruimte, beschikbare energie, nabijheid, ...)
- ▶ Welke bronnen kiezen?
 - Koude: sondes
 - Warmte: afgifte-elementen

MILIEU-EVALUATIE

- ▶ Effecten
 - Ozonlaag, broeikaseffect, lawaai, ...

ECONOMISCHE EVALUATIE

- ▶ Specifieke energieprijzen

ONTWERP VAN EEN WP-PROJECT

- ▶ **Samenvatting**



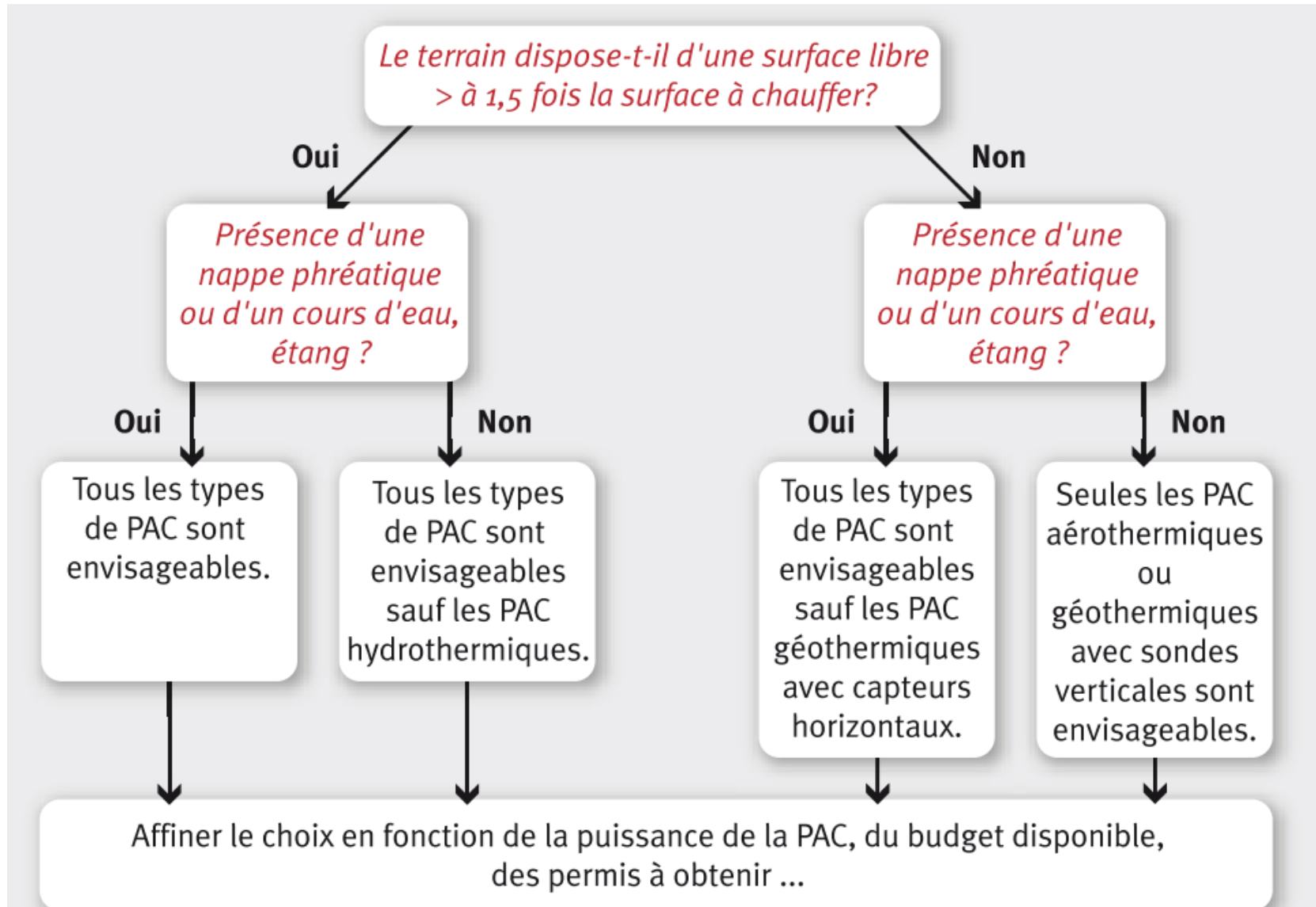
SAMENVATTING - ONTWERPFASEN

1. **Evalueer uw behoeften en beperk ze maximaal**
De behoeften m.b.t. temperatuur en gebruik bepalen de meest geschikte technologie.
Keuze tussen verwarming, SWW en koeling
2. **Bekijk uw project in zijn geheel**
Keuze van afgifte-elementen vanaf het ontwerp: LT-radiatoren, vloer- of wandverwarming of verwarming via ventilatie.
3. **Analyseer de site en het gebouw**
Toegankelijkheid van de warmte-energiebronnen
Behoud van de radiatoren bij renovatie, ...
4. **Ga na wat de verwachte prestaties van uw installatie zijn**
Optimale dimensionering
Voor een kleine installatie in een eengezinswoning
⇒ informeren bij [Homegrade](#)
Voor grote systemen: is een haalbaarheidsstudie noodzakelijk
⇒ studiebureau, Facilitator Duurzame Gebouwen, energiepremie
5. **Evalueer de rentabiliteit**
Hou rekening met alle rechtstreekse en onrechtstreekse kosten, en ook met de steun die het Brussels Hoofdstedelijk Gewest toekent.

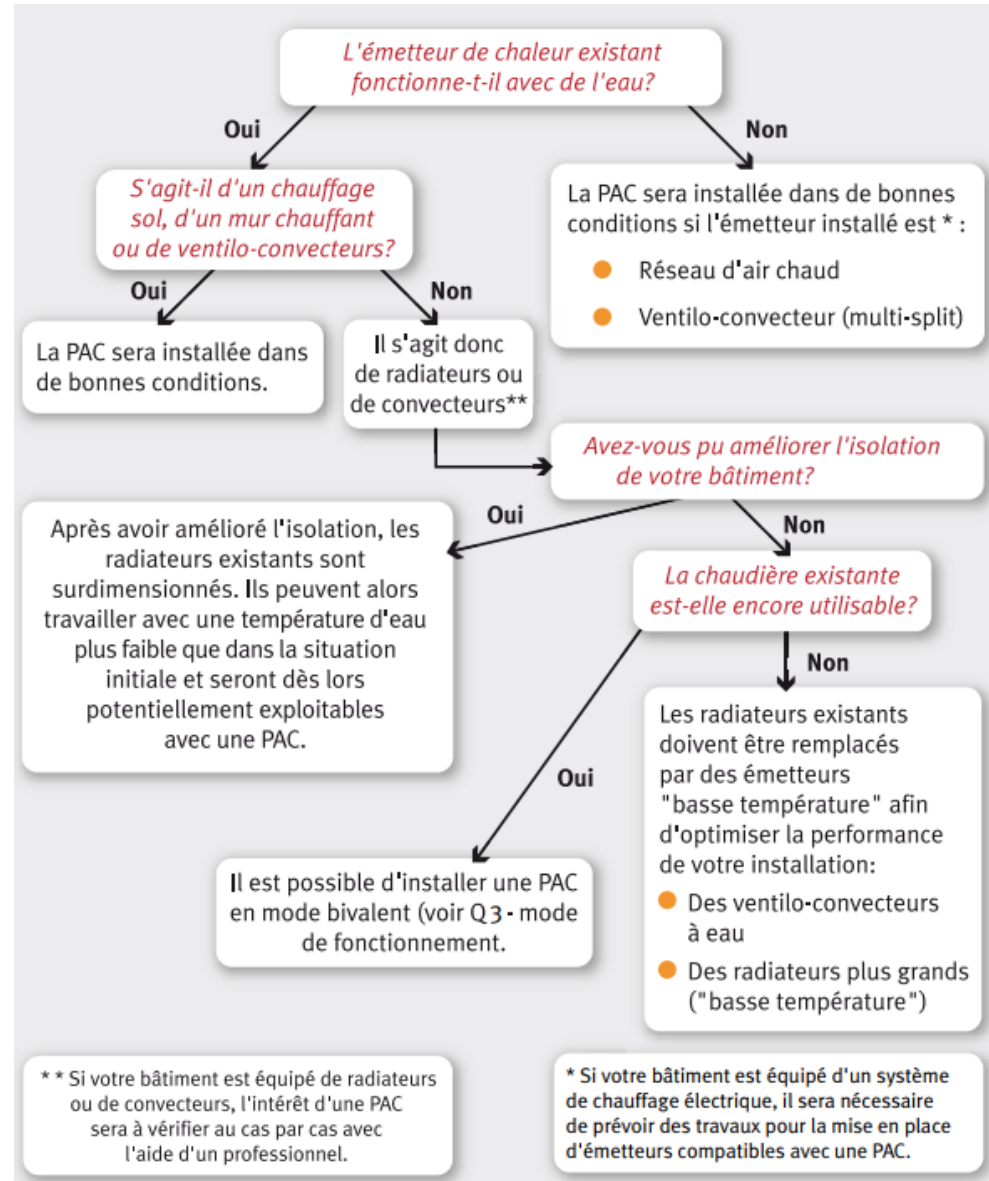
Overtuigend project? Vergeet de wettelijke verplichtingen, milieuvergunning enz. niet.



Keuze van het type sonde



Keuze van het type afgifte-element



RESULTATEN VAN HET VOORBEELD



1. Behoeften

Verwarming	12.880 kWh/jaar	Koeling	5.980 kWh/jaar
-------------------	------------------------	----------------	-----------------------

2. Bekijk uw project in zijn geheel

Handel \Rightarrow voorkeur voor verwarming met lucht, met water mogelijk

3. Analyseer de site en het gebouw

Verworpen koudebron: geothermie en water

Elektrische aansluiting van de warmtepomp mogelijk

Opgelet voor geluidshinder voor aangrenzende appartementen

4. Ga de verwachte prestaties van de installatie na

		Gas	WP lucht/lucht	WP lucht/water
Globaal rendement	W	83,8 %	317,5 %	293,3 %
	K	486 %	529 %	436 %

5. Evalueer de rentabiliteit van het project

Investering	18.700 € _W 11.000 € _K	25.000 € _W 0 € _K	27.000 € _W 0 € _K
Terugverdientijd	-	19 jaar	31 jaar





- ▶ Een goede kennis van de verwarmings- en koelingsbehoeften is noodzakelijk voor de integratie van een warmtepomp wordt onderzocht.
- ▶ Het is niet nodig alle WP-technologieën in detail te onderzoeken; sommige kunnen vrij snel worden verworpen op basis van de vereiste werken en/of plaats.
- ▶ Kennis van de verschillende types warmtepompen, van de erop aangesloten afgifte-elementen, van de voor- en nadelen van elke technologie helpt om een preselectie te maken met het oog op de haalbaarheidsstudie, en om zich een idee van de rentabiliteit te vormen.





Gids duurzame gebouwen

- ▶ Thema Energie

[Dossier | De optimale productie- en opslagwijze voor verwarming en SWW kiezen](#)

[Dossier | De beste productiewijzen voor hernieuwbare koeling kiezen](#)



Websites

- ▶ Energie Facteur 4 (enkel in het Frans)

<http://ef4.be/fr/pompes-a-chaleur>

- ▶ InfoWarmtePomp

www.infowarmtepomp.be/home/

- ▶ Energieplus

www.energieplus-lesite.be





François RANDAXHE

Projectingenieur

écorce sa

 + 32 4 226 91 60

 info@ecorce.be



BEDANKT VOOR UW AANDACHT

