



WARMTEPOMPEN MOGELIJKHEDEN EN BEPERKINGEN IN EEN STEDELIJKE OMGEVING

De conceptualisering

Bijzondere kenmerken van de warmtepomp

17 november 2023

Nicolas CUVELIER
Facilitator Duurzame Gebouwen





PRESENTATIE VAN DE SPREKER

Nicolas Cuvelier studeerde in 2012 af met een master in Organismal Biology and Ecology en begon zijn carrière in het wetenschappelijk onderwijs. Sinds 2019 werkt hij bij Deplasse et Associés, een ingenieurs- en adviesbureau dat actief is in de energie- en milieutransitie van gebouwen en infrastructuur. Voortbouwend op deze ervaring maakt Nicolas ook deel uit van de Facilitator Duurzaam Bouwen, een dienst aangeboden door Leefmilieu Brussel om bouwprofessionals te ondersteunen bij technische kwesties in alle fasen van hun projecten. Hij is een specialist in rationeel energiegebruik.

Voor meer informatie: <https://leefmilieu.brussels/pro/diensten-en-aanvragen/advies-en-begeleiding/facilitator-duurzame-gebouwen-en-facilitator-mede-eigendom>

Na een overzicht van de werking en de verschillende soorten van de warmtepompen, zal deze presentatie de balans opmaken van hun relevantie in de huidige context van aanpassing aan de klimaatverandering: vermindering van de CO2-uitstoot, productie van hernieuwbare energie, maar ook kwesties met betrekking tot koelmiddelen. Vervolgens worden verschillende praktische methoden besproken om hun prestaties te optimaliseren: isolatie, keuze van de uitstoters, back-upsystemen, enz. Tijdens deze bijeenkomst wordt ook ingegaan op de kosten van warmtepompen en de regelgeving die van toepassing is op de installatie ervan.



DOELSTELLINGEN VAN DE PRESENTATIE

- Begrijpen hoe warmtepompen werken en welke factoren invloed hebben op de warmtepompen
- Het belang van warmtepompen voor het koolstofvrij maken van de bouwsector inzien.
- De (on)gunstige situaties voor de installatie van een warmtepomp te begrijpen
- De belangrijkste hindernissen en hefboomen voor warmtepompen in stedelijke omgevingen identificeren



PLAN DE L'EXPOSÉ

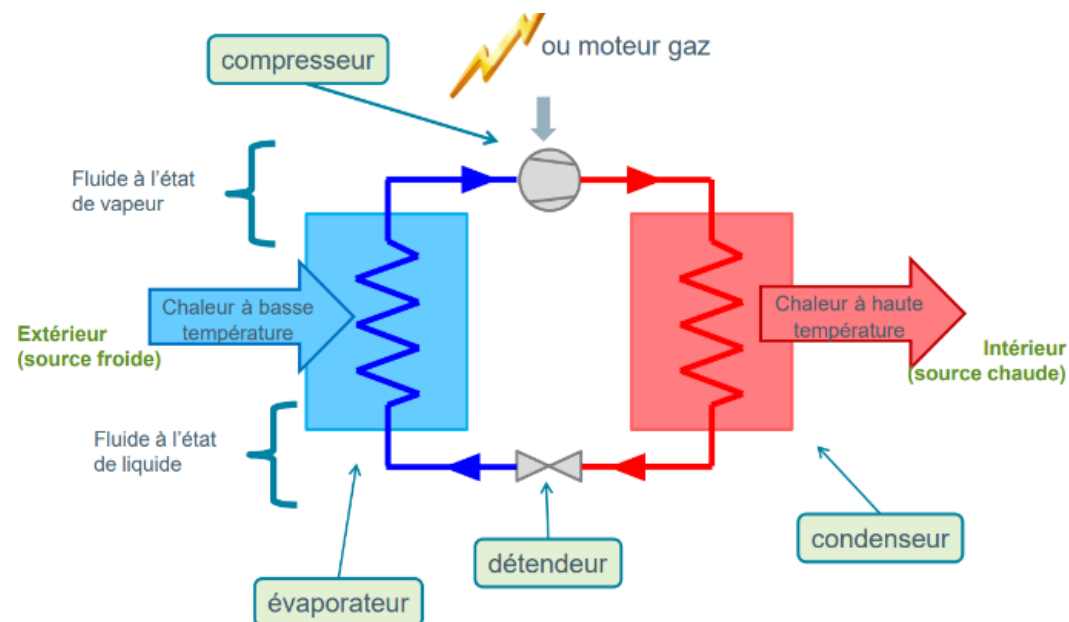
- I. Warmtepomp - Wat is het?
- II. Warmtepomp - Voordelen
- III. Warmtepomp - Hernieuwbare energie?
- IV. Warmtepomp - CO2
- V. Warmtepomp - Kosten
- VI. Warmtepomp - Gebruik optimaliseren
- VII. Warmtepomp - Regelgeving
- VIII. Stookplaatsrenovatie



I. WARMTEPOMP - WAT IS HET?

Een warmtepomp – Wat is dat ?

- ▶ Een **koelmiddel** dat in een gesloten circuit circuleert.
- ▶ Een **verdamp**er die het koelmiddel thermische energie laat opvangen uit een milieu genaamd de koudebron.
- ▶ Een **condensor** die het koelmiddel thermische energie laat afgeven aan een milieu genaamd de warme bron.
- ▶ Een **compressor** en een **reduceerklep**, waardoor het koudemiddel van lage druk naar hoge druk kan veranderen en omgekeerd. Deze verandering van de toestand van de vloeistof onder optimale omstandigheden maakt een efficiënte warmteoverdracht mogelijk.



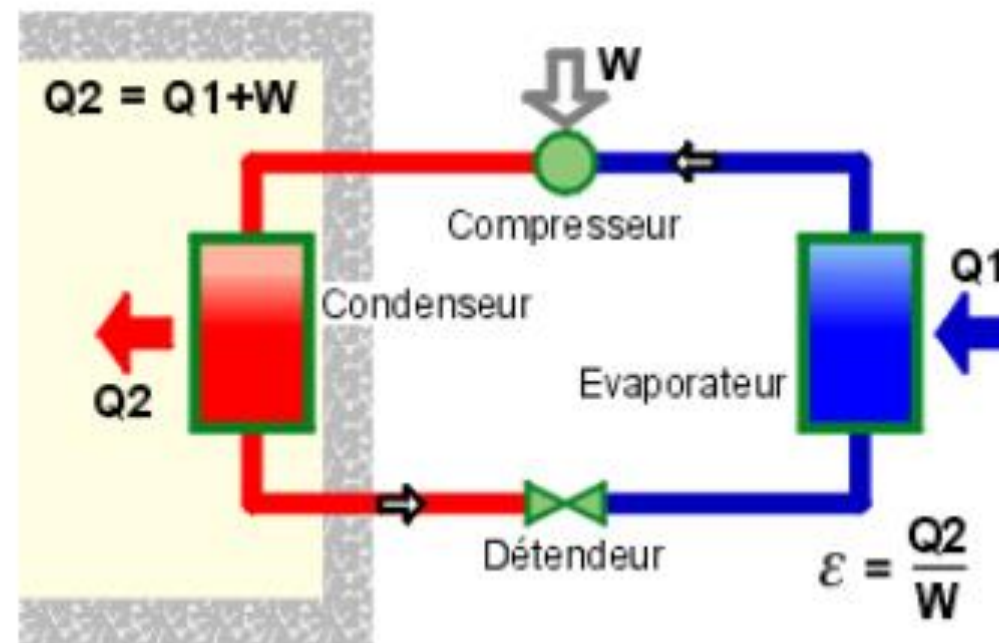
Werking van de thermodynamische cyclus van een warmtepomp
(bron: *Formation Bâtiment Durable : systèmes d'énergie renouvelable : conception et régulation*)



I. WARMTEPOMP - WAT IS HET?

Coëfficiënt Of Performance

- ▶ COP = Geleverde energie (warmte) (Q_2) / verbruikte energie (elektriciteit werking compressor) (W)
- ▶ $COP = Q_2 / (Q_2 - Q_1)$
- ▶ Break-even-punt: $COP > 3$



$\varepsilon = \text{chaleur au condenseur/travail du compresseur} = Q_2 / W.$

Warmte, werk en COP van een warmtepomp
(Bron: Énergieplus)



I. WARMTEPOMP - WAT IS HET?

De verschillende typen warmtepompen

Op basis van de warmtebron waaruit ze hun thermische energie halen

- Aerothermische warmtepompen
- Hydraulische warmtepompen
- Geothermische warmtepompen

Op basis van de warmtebron waaraan ze hun thermische energie doorgeven

- Warmtepompen die lucht als warmtebron gebruiken
- Warmtepompen die water als warmtebron gebruiken

Of ze wel of geen extra warmtewisselaar hebben

- Warmtepompen die alleen het koelmiddel als vloeistof gebruiken, gekend als "directe expansie"
- Warmtepompen die water of glycolwater in een extra circuit gebruiken als vloeistof, ook gekend als "indirecte expansie" warmtepompen

Op basis van hun toepassing

- Niet-omkeerbare warmtepompen
- Omkeerbare warmtepompen
- Warmtepompen die alleen SWW produceren

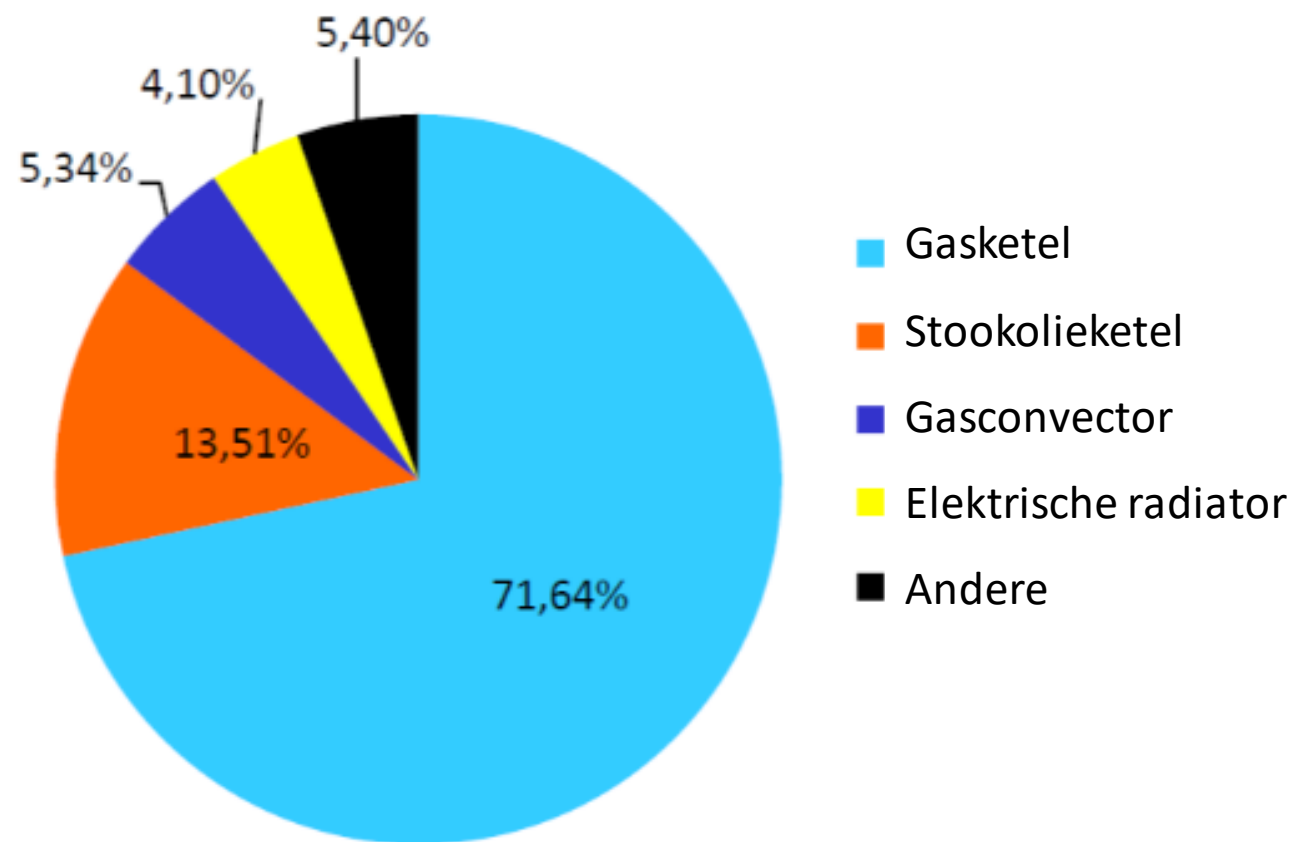
Op basis van hun energievector

- Warmtepompen op elektriciteit (> 90% van de markt)
- Warmtepompen op gas



II. WARMTEPOMP - VOORDELEN

Waarom praten we steeds meer over WP?



Aantal verwarmingsinstallaties in Brussel in 2020
(Bron: Rapport statistique certification 2020)

Fossiele brandstoffen predomineren



I. WARMTEPOMP - VOORDELEN

Waarom praten we steeds meer over WP?

Energiedragers

Kolen

- Nieuwe toestellen mogen niet meer worden geplaatst vanaf 1 september 2021

Stookolie

- Nieuwe toestellen plaatsen verboden vanaf 1 juni 2025
- Einde van gas voor openbare gebouwen vanaf 2030
- Totale uitfasering van stookolie vanaf 2035

Europese doelstellingen 2030-2050

- 2030: Aandeel hernieuwbare energie van minstens 30%
- 2030: Vermindering van 40% van de uitstoot van broeikasgassen
- 2050: Klimaatneutraliteit

Brusselse bijdrage

- Vermindering van het eindverbruik van 21%.
- Productie van 1.250 GWh uit hernieuwbare bronnen
- Vermindering van 40% van de uitstoot van broeikasgassen



II. WARMTEPOMP - VOORDELEN

Voordelen van WP

- ▶ CO₂-uitstoot verminderen
- ▶ Productie van verwarming en koeling
- ▶ Hernieuwbare warmteproductie



I. WARMTEPOMP - HINDERNISSEN

Hindernissen voor de inzet van WP

- ▶ Brusselse gebouwen
- ▶ Elektriciteitsnetwerk Brussel
- ▶ Tekort aan gekwalificeerde vakmensen
- ▶ Behoeften aan SWW



IV. WARMTEPOMP – CO₂

CO₂ uitstoot

- ▶ Gasketel :
 - CO₂-uitstoot per kWu gas: 202 g CO₂/kWu
 - CO₂-uitstoot per kWu warmte: 224 g CO₂/kWu

- ▶ Lucht-water warmtepomp:
 - CO₂-emissie per kWu elektriciteit: 220 g CO₂/kWu
 - CO₂-uitstoot per kWu warmte: 77 g CO₂/kWu

- ▶ Elektrische verwarming :
 - CO₂-uitstoot per kWu elektriciteit: 220 g CO₂/kWu
 - CO₂-uitstoot per kWu warmte: 244 g CO₂/kW



III. WARMTEPOMP - HERNIEUWBARE ENERGIE?

Hernieuwbare energie

- ▶ Energie geproduceerd uit "hernieuwbare" bronnen
 - Windenergie
 - Zonne-energie: thermische en fotovoltaïsche
 - Geothermische energie
 - **Ambient energie**
 - Getijden- en golfenergie en andere maritieme energiebronnen
 - Hydro-elektrische energie
 - Biomassa
 - Stortgas
 - Gas van waterzuiveringsstations Biogas

$$E_{\text{RES}} = Q_{\text{utilisable}} * (1 - 1/\text{FPS})$$

*Formule voor het berekenen van de RES-energie-inhoud
van een WP (Bron: Richtlijn 2009/28/EG)*

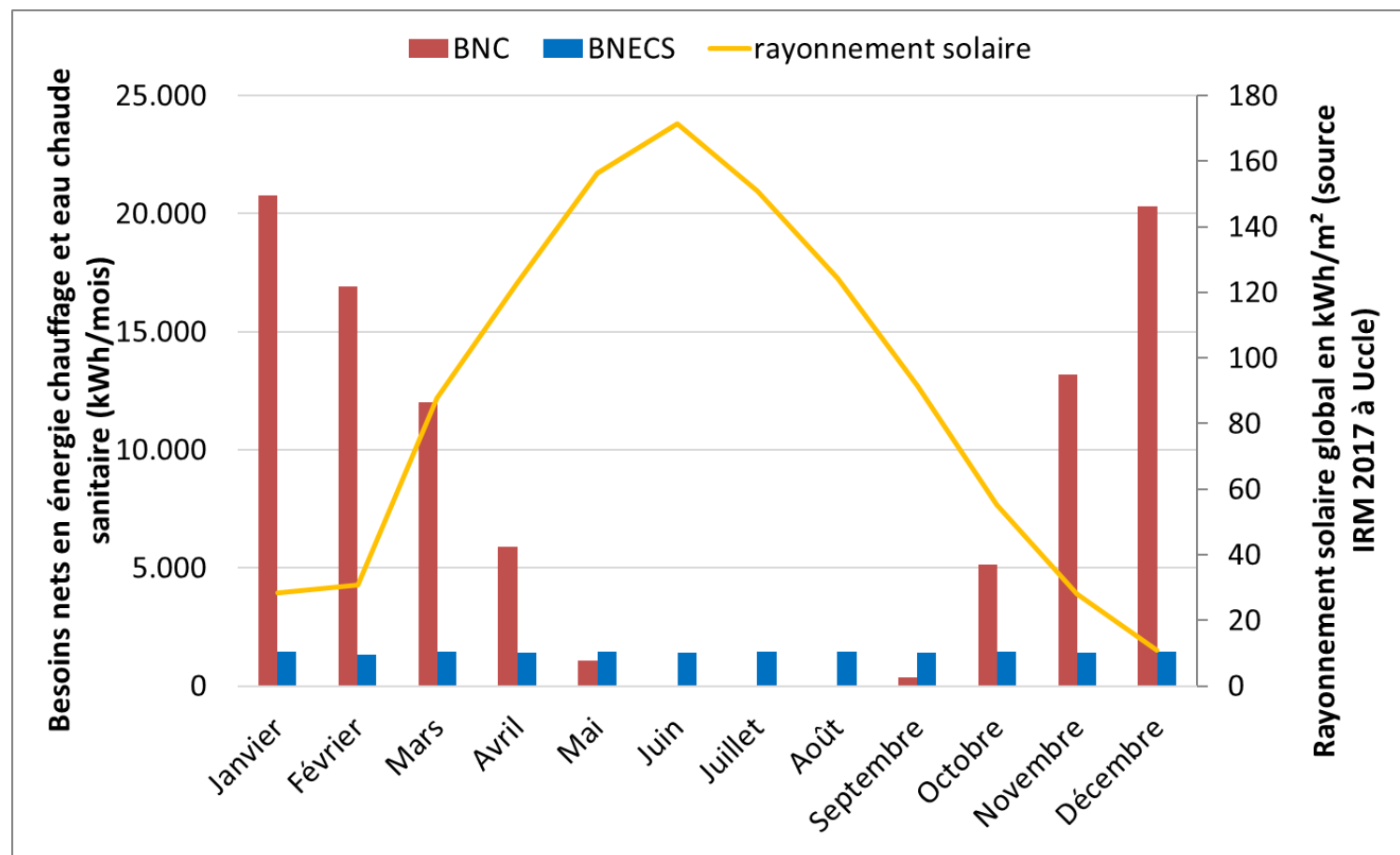
Opmerking: een WP wordt alleen als hernieuwbaar beschouwd als de SPF >2,36



IV. WARMTEPOMP – CO₂

CO₂ uitstoot

- ▶ Koelmiddel :
 - GWP/PRG R410A : 2.100
 - 1 kg de R410A => 2.100 kg van CO₂ of **1.040 m³ verbrand gas.**
- ▶ PV ? }Gelijktijdige behoefte/productie



Evolutie van de nettoverwarmingsvraag, de nettowarmwatervraag en de zonnestraling gedurende het jaar



IV. WARMTEPOMP – CO₂

CO₂-uitstoot: impact van koelmiddelen

- ▶ Koelmiddelen hebben vaak een hoog GWP (Global Warming Potential)

Voorbeeld: R410A : GWP = 2100

1 kg van R410A warmt de planeet evenveel op als **2,1 T** van CO₂

→ een WP met 15 kg van R410A

= evenveel impact als 200.000 km met de auto

- ▶ F-gasverordening: Doel: de CO₂-impact van koelmiddelen verminderen



V. WARMTEPOMP - KOSTEN

Energiekosten

- ▶ Gas : ~ 8 c€/kWh
- ▶ Elektriciteit: ~ 33 c€/kWh

Investering voor een huis van 120 m²

- ▶ Lucht-water warmtepomp: tussen 7.000 en 11.000 euro
- ▶ Gasketel: tussen 4.000 en 5.000 euro

Levensduur:

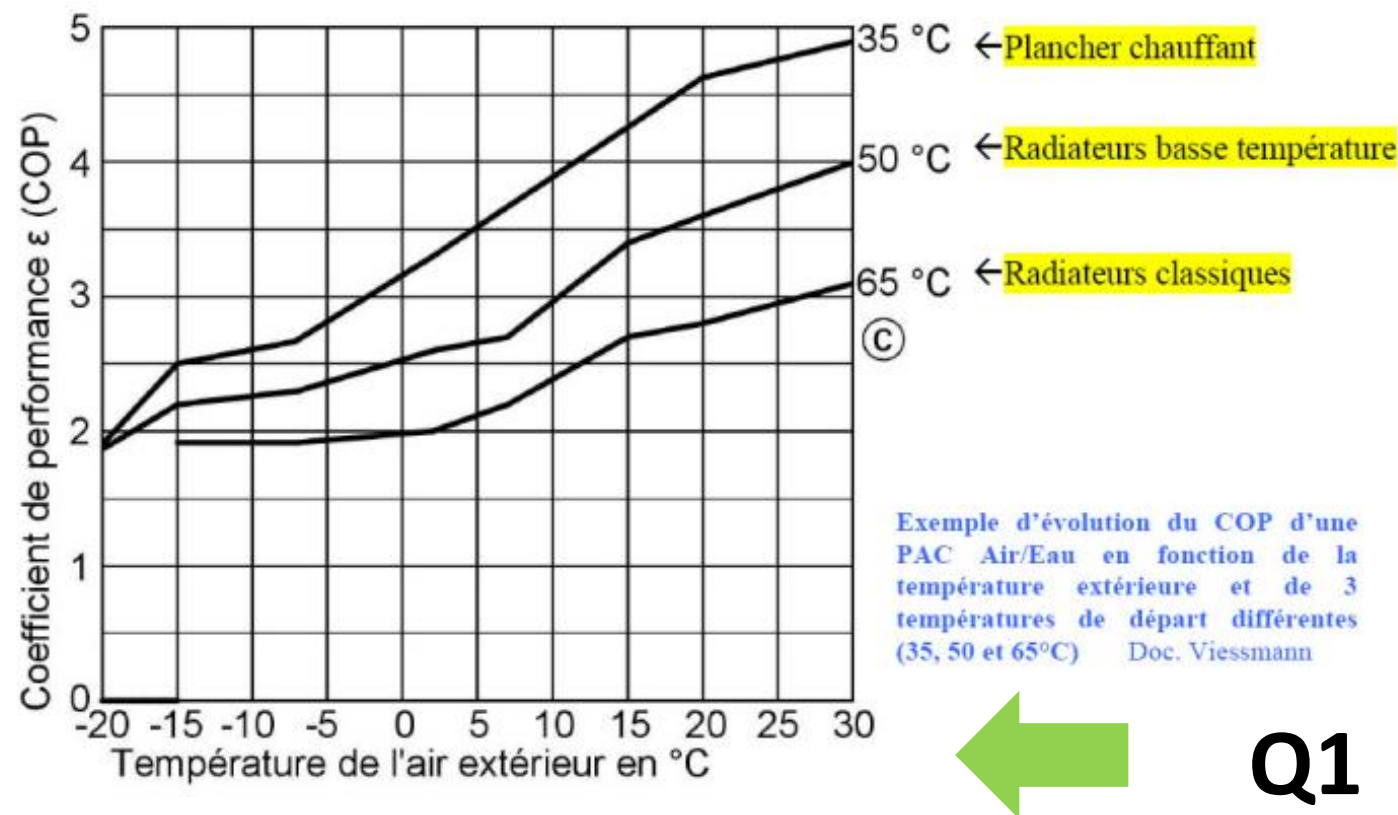
- ▶ Lucht-water warmtepomp: 15 jaar
- ▶ Gasketel: 20 jaar



VI. WARMTEPOMP - GEBRUIK OPTIMALISEREN

Hoe de COP optimaliseren

- ▶ Verlagen Q2
- ▶ Verhogen Q1



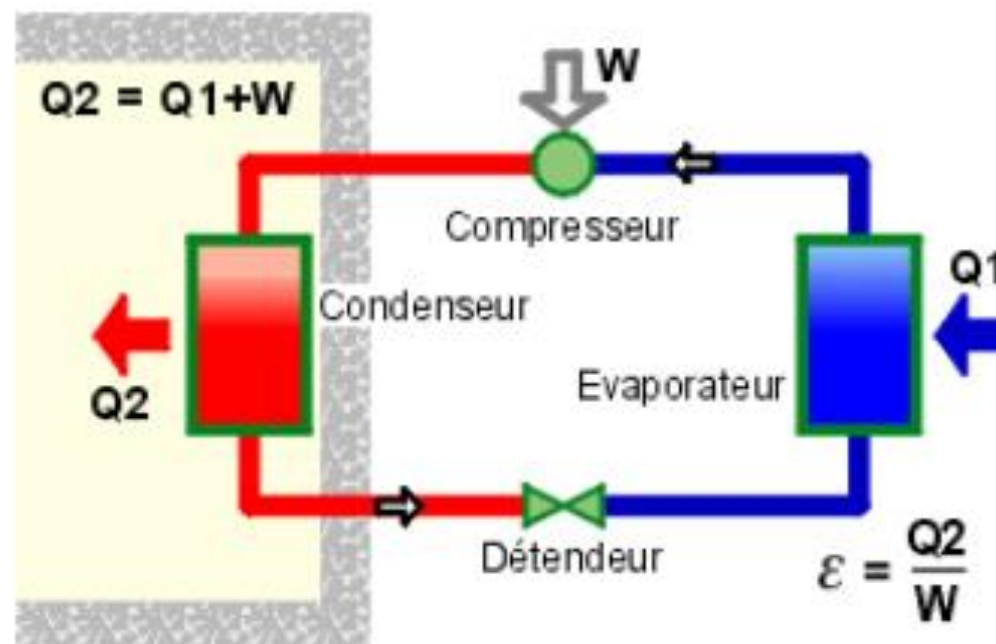
Evolutie van COP volgens emissietemperatuur en buitentemperatuur (Bron: Viessman)



VI. WARMTEPOMP - GEBRUIK OPTIMALISEREN

Herinnering: Coëfficiënt Of Performance

- ▶ COP = Geleverde energie (warmte) (Q_2) / verbruikte energie (elektriciteit werking compressor) (W)
- ▶ $COP = Q_2 / (Q_2 - Q_1)$
- ▶ Break-even-punt: $COP > 3$



$\varepsilon = \text{chaleur au condenseur/travail du compresseur} = Q_2 / W.$

Warmte, werk en COP van een warmtepomp (Bron:
Énergie plus)



VI. WARMTEPOMP - GEBRUIK OPTIMALISEREN

Hoe de COP optimaliseren

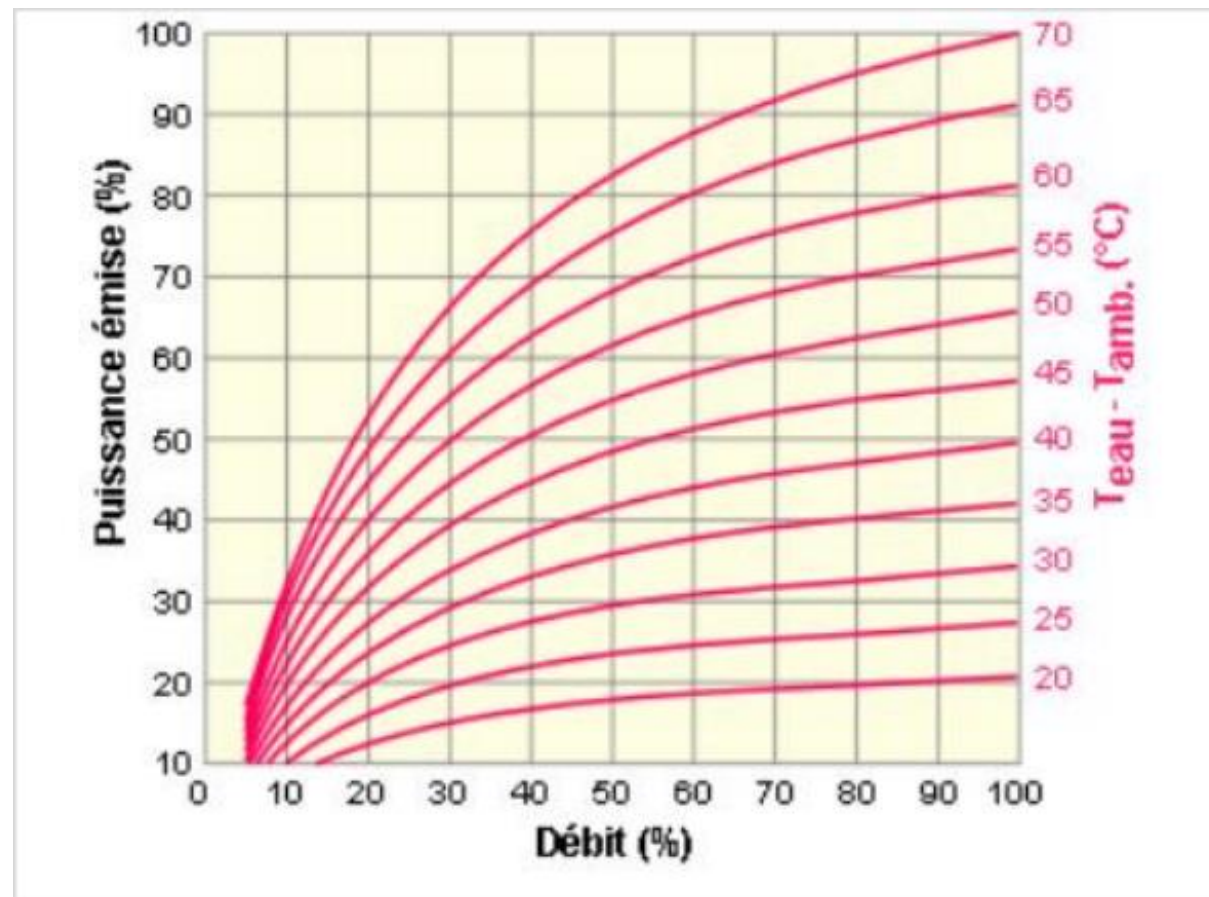
- ▶ Verlagen Q_2 = verlagen van de distributie temperatuur
 - Verminder warmtebehoefte: Isolatie
 - Geschikte verwarmingselementen gebruik
 - Dimensioneren
 - Typen verwarmingselementen



VI. WARMTEPOMP - GEBRUIK OPTIMALISEREN

Hoe de COP optimaliseren

- ▶ Verlagen Q_2
 - Isolatie !
 - Overdimensionering van warmteafgevers.



vermogen warmteafgevers in functie van de
emissietemperatuur en het debiet (Bron: Énergie Plus)



VI. WARMTEPOMP - GEBRUIK OPTIMALISEREN

Hoe de COP optimaliseren

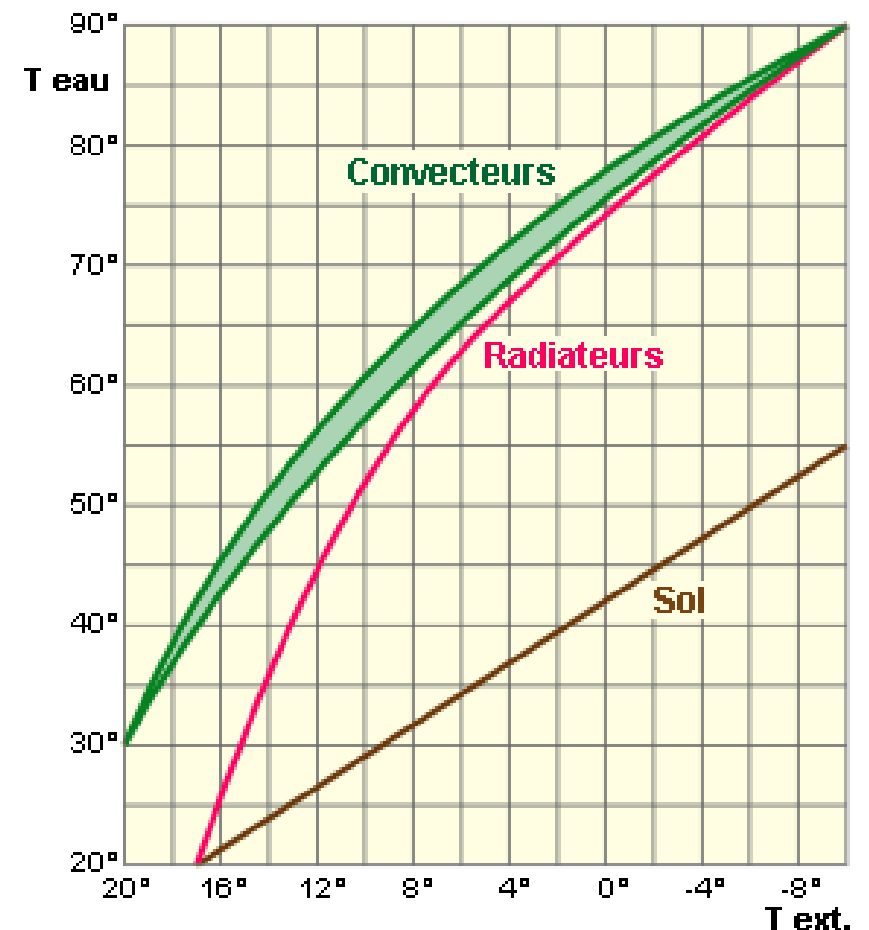
- ▶ Verlagen Q_2 – importance des émetteurs
- ▶ Basse $T^\circ \rightarrow$ besoin d'émetteurs adaptés

— Stralingsverwarming (vloerverwarming, radiator...)

=> **Go !**

— Convectionverwarming (convector, ribbenradiator...)

=> **No go zone !**



Karakteristieke verwarmingscurve voor convectoren, radiatoren en vloerverwarming. (Bron: Énergie Plus)



VI. WARMTEPOMP - GEBRUIK OPTIMALISEREN

Hoe de COP optimaliseren

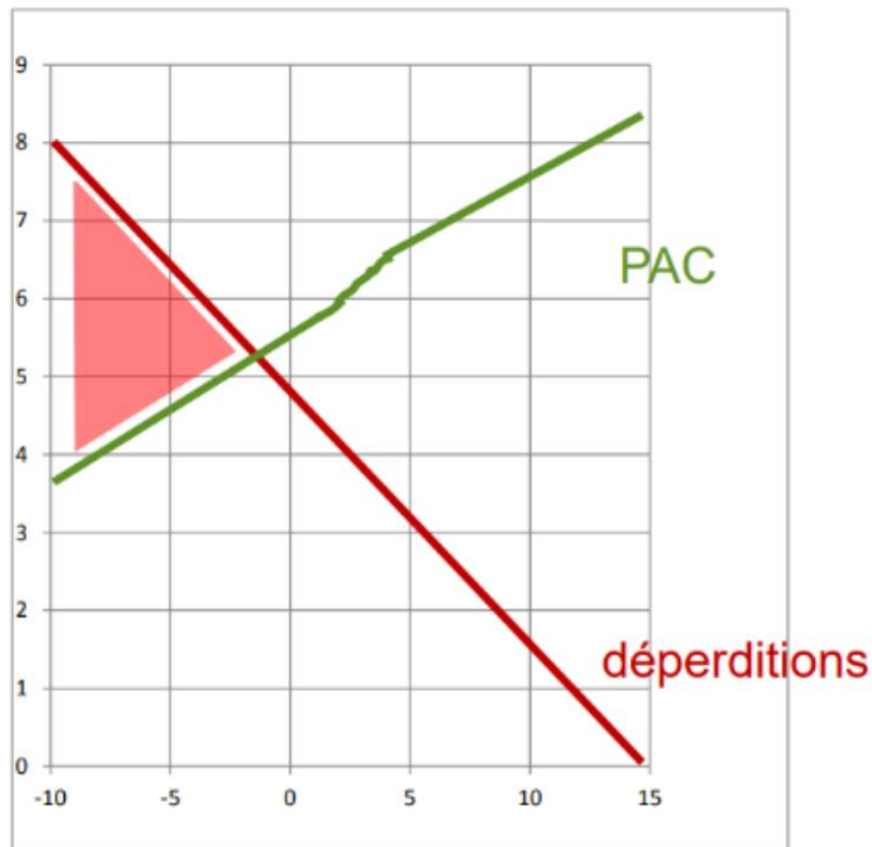
- ▶ Verhogen Q_1
 - Gebruik een "warmere" koudebron: vermijd een lage warmtebron wanneer de behoefte aan warmte hoog is (winter)
 - Vermijd buitenlucht
 - Geothermie
 - Riothermie
 - Afvalwarmte
 - Warmtenetwerk
 - Gebruik een back-up systeem voor periodes waarin de buitentemperatuur (zeer) laag is



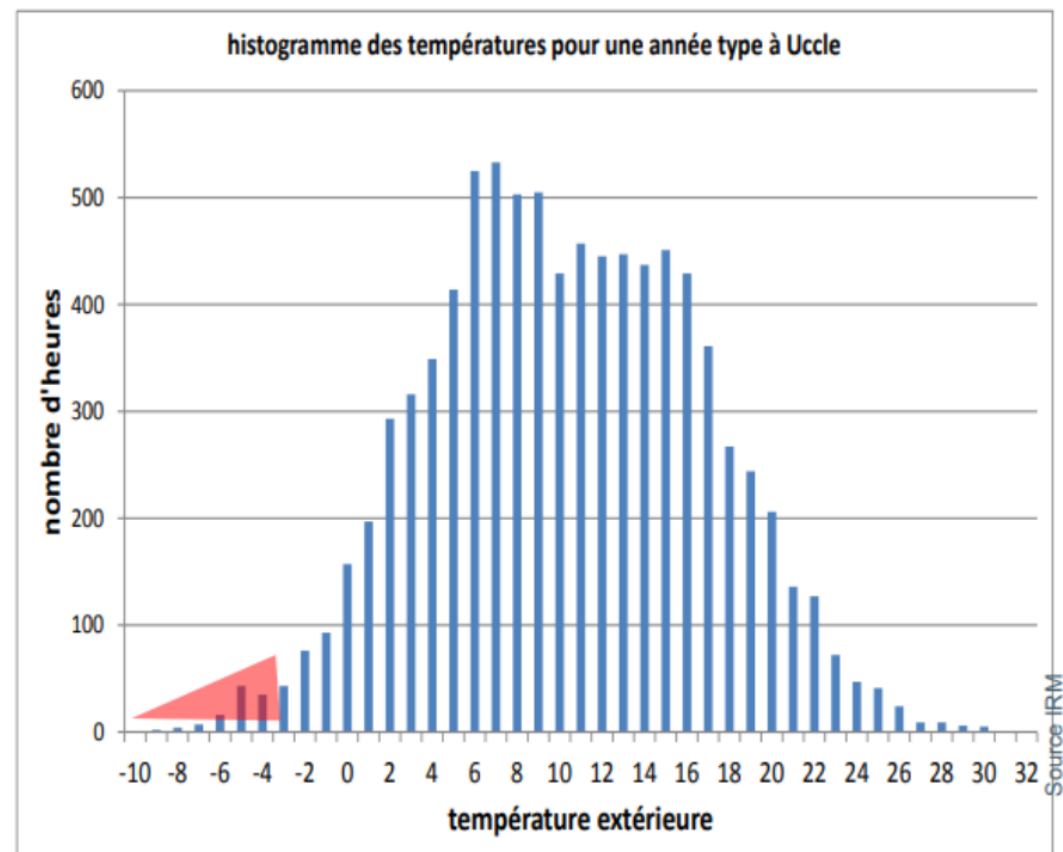
VI. WARMTEPOMP - GEBRUIK OPTIMALISEREN

Hoe de COP optimaliseren

- ▶ Verhogen Q_1
 - Voorzie een back-up systeem



Warmtevermogen van een warmtepomp en warmteverliezen in functie van de buitentemperatuur (Bron: formation bâtiment durable-SER-les pompes à chaleur)



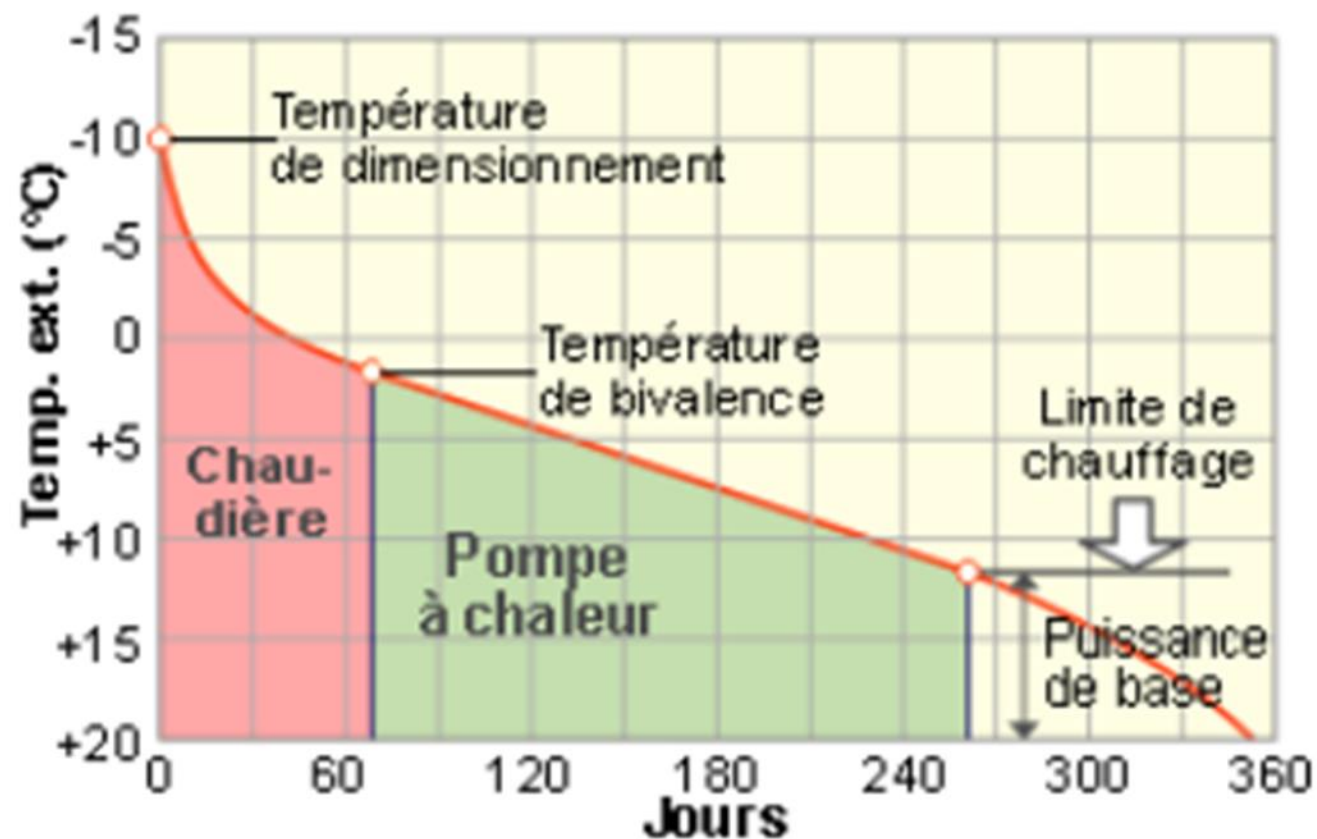
Gecumuleerde temperaturen gemeten in Ukkel gedurende één jaar (Bron: formation bâtiment durable-SER-les pompes à chaleur)



VI. WARMTEPOMP - GEBRUIK OPTIMALISEREN

Hoe de COP optimaliseren

- Verhogen Q_1
 - Voorzie een back-up systeem



*Gebruik van een bivalent systeem: generator van
warmte afhankelijk van de buitentemperatuur
(Bron: Énergie Plus)*



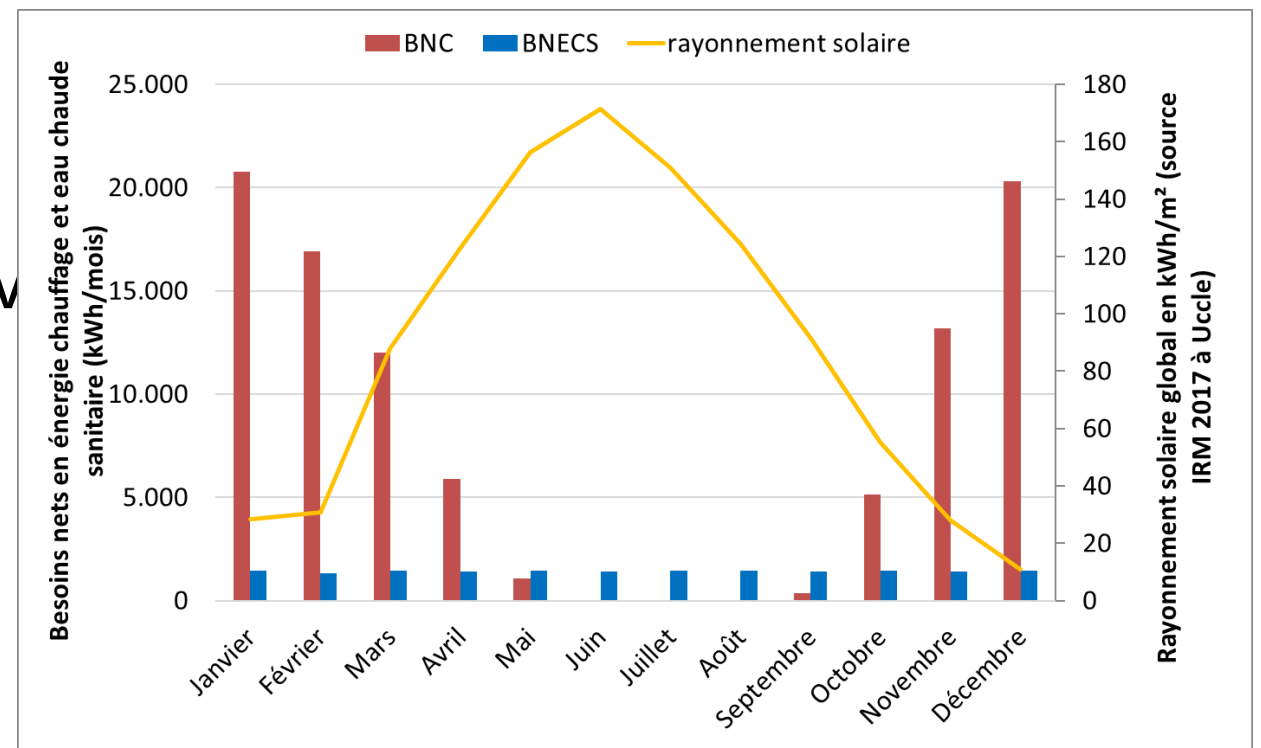
VI. WARMTEPOMP - KOSTEN OPTIMALISEREN

Premies

- ▶ J4 : verwarmen met warmtepomp
 - residentieel
 - tertiair
- ▶ J5 : lage temperatuurradiatoren
- ▶ J9 : SWW via warmtepomp

Energiekosten

- ▶ Lokale productie in plaats van
- ▶ Maar lage simultaneïteit!





VII. WARMTEPOMP - REGELGEVING

Gebruik en onderhoud: EPB verwarmings- en klimaatregelingssystemen

- ▶ Gebruikseisen
- ▶ Veiligheidseisen
- ▶ Regelgeving (oplevering, periodieke controle)

Regelgeving met betrekking koudemiddelen: F-gas

Regelgeving met betrekking geluidshinder:

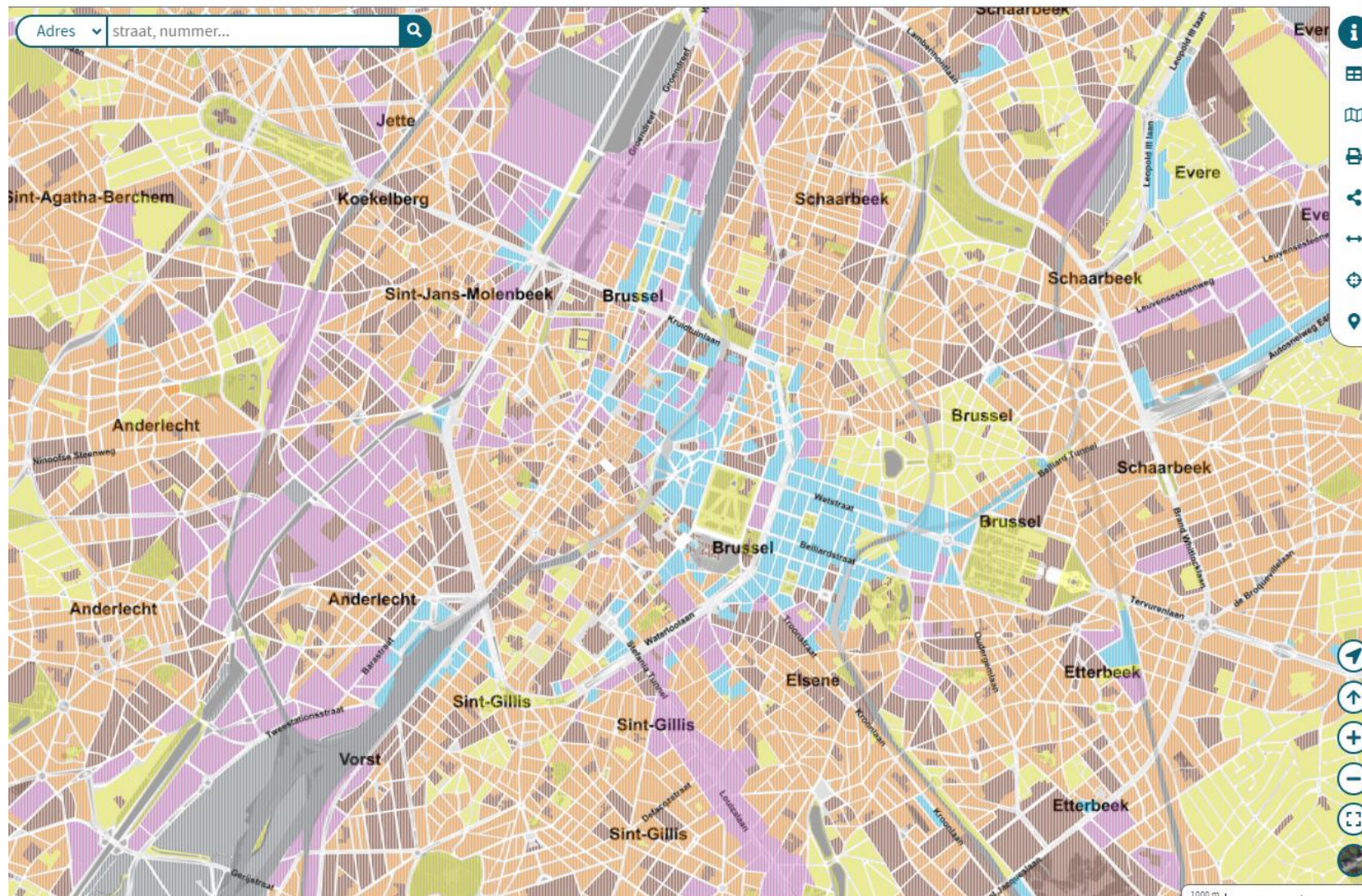
- ▶ BBHR inzake de strijd tegen lawaai.
- ▶ BBHR inzake de strijd tegen lawaai en trillingen veroorzaakt door geklasseerde installaties

Stedenbouwkundige voorschriften: GSV



VII. WARMTEPOMP - REGELGEVING

Geluid



Geluidsgebieden



Geluidsgebieden gedefinieerd op basis van de GBP (Gewestelijk Bestemmingsplan):
In het Brussels Hoofdstedelijk Gewest bepaalt het besluit van 21 november 2002 betreffende de strijd tegen het buurtlawaai de maximale geluidsdrempels die niet mogen worden overschreden door elke hoorbare geluidsbron in de buurt van deze bron. Er bestaan verschillende drempels in functie van de plaats waar de hinder wordt waargenomen maar ook in functie van het uur van de dag, de dag van de week en de stedenbouwkundige bestemming van de zone bepaald in het GBP, volgens het principe van strengere drempels in meer gevoelige zones of 's avonds en 's nachts.

— Minder

Legende

- gebied 1: woongebieden metresidentieel karakter, groengebieden, gebieden met hoogbiologische waarde, parkgebieden, begraafplaatsgebieden, bosgebieden
- gebied 2: typische woongebieden
- gebied 3: gemengde gebieden, gebieden voor sport- en vrijetijdsactiviteiten in de open lucht, landbouwgebieden, gebieden voor uitrustingen van collectief belang of van openbare diensten
- gebied 4: gebieden van gewestelijk belang, sterk gemengde gebieden, ondernemingsgebieden in een stedelijke omgeving
- gebied 5: administratiegebieden
- gebied 6: stedelijke industriegebieden, gebieden voor haven- en vervoeractiviteiten, spoorweggebieden, gebieden van gewestelijk belang met uitgestelde aanleg

> De legende van de kaart op de achtergrond tonen

Gerelateerde kaarten

► Zendantennes

Geluidsgebieden gedefinieerd op basis van de GBP (Bron: Leefmilieu Brussel)



VII. WARMTEPOMP - REGELGEVING

Geluid

	Lu.	Ma	Me	Je.	Ve.	Sa.	Di./ fériés
7h à 19h	A	A	A	A	A	B	C
19h à 22h	B	B	B	B	B	C	C
22h à 7h	C	C	C	C	C	C	C

Valeurs limites s'appliquant au bruit extérieur spécifique (L_{sp}) généré par des installations classées

Sources : les AGRBC du 21/11/2002 relatif au bruit des installations classées et au bruit de voisinage

Périodes	Bruit perçu à l'extérieur en limite des parcelles											
	A			B			C					
	L_{sp}	N	S_{pte}	L_{sp}	N	S_{pte}	L_{sp}	N	S_{pte}			
Zone 1	42	20	72	36	42 ¹	10	66	30	5		60	
Zone 2	45	20	72	39	45 ¹	10	66	33	5	10 ²	60	66 ²
Zone 3	48	30	78	42	48 ¹	20	72	36	10	20 ²	66	72 ²
Zone 4	51	30	84	45	51 ¹	20	78	39	10	20 ²	72	78 ²
Zone 5	54	30	90	48	54 ¹	20	84	42	10	20 ²	78	84 ²
Zone 6	60	30	90	54	60 ¹	20	84	48	10	20 ²	78	84 ²

¹ Limites applicables aux magasins pour la vente au détail

² Limites applicables aux installations dont le fonctionnement ne peut pas être interrompu (ventilation, installations frigorifiques, etc.)

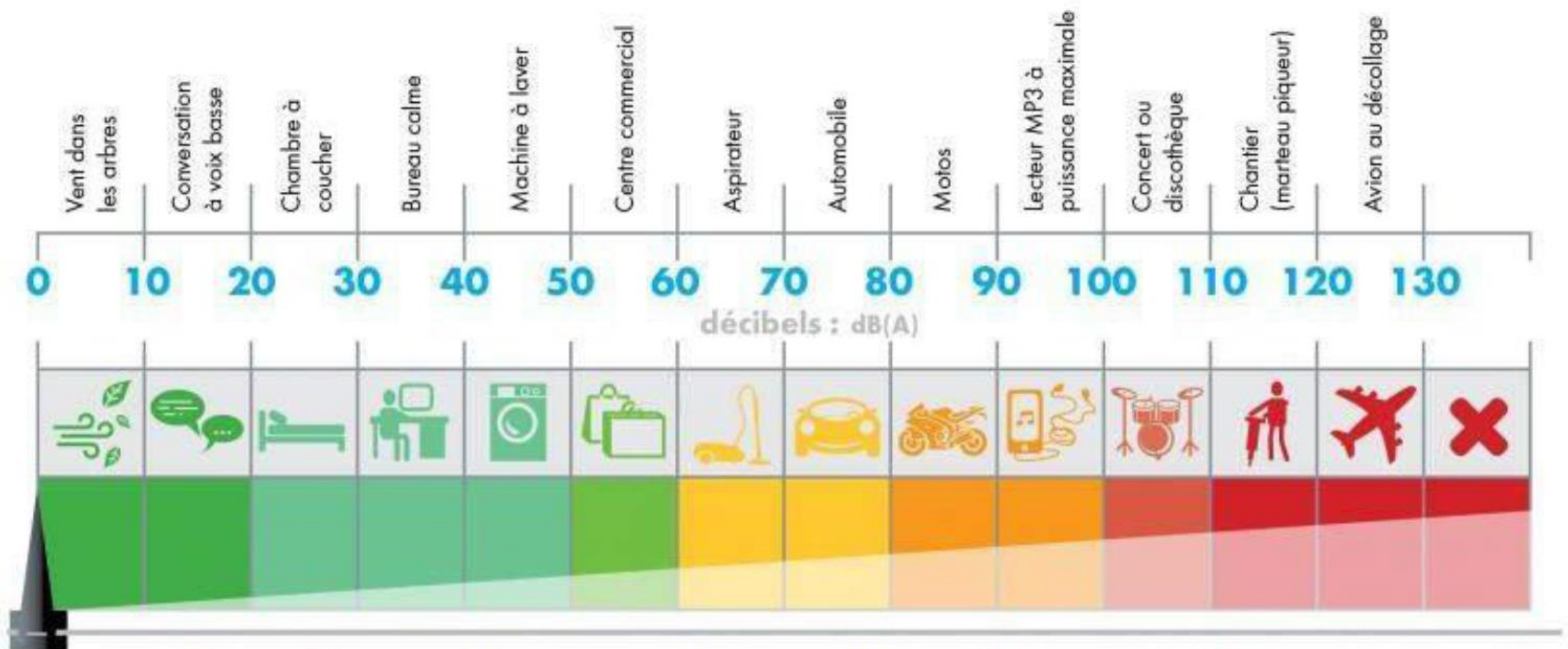
Grenswaarden voor geluidsemissie per zone en tijdstip
van de dag
(Bron: Leefmilieu Brussel)



VII. WARMTEPOMP - GELUID

Geluidhinder – Aerothermische warmtepompen

- ▶ Het grootste deel van zone 2: woongebied
- ▶ Te respecteren waarde aan de rand van het perceel: 33 dB(A).
- ▶ Geluidsvermogen van een warmtepomp: tussen 50 en 65 dB



Geluidsdrukwaarden (dBa) voor alledaags geluid
(bron: Knaufinsulation)



VII. WARMTEPOMP - GELUID

Geluidhinder – Aerothermische warmtepompen

- ▶ De juiste warmtepomp kiezen
 - Akoestisch vermogen (50 dB --> 65 dBa)
 - Dimensionering
 - Vermogen modulatie

- ▶ Locatie:

Geluidsvermogen WP (Lw)	50 dB(a)	55 dB(a)	60 dB(a)	65 dB(a)
Minimale afstand die nodig is om een geluidsdruk te verkrijgen $\leq 33\text{db(a)}$	3,8 m	6,7 m	11,9 m	21,2 m

Minimale afstand die nodig is om een geluidsdruk < 33db te verkrijgen, afhankelijk van het geluidsvermogen van een warmtepomp (Bron: Leefmilieu Brussel)

- Voldoende afstand
- Akoestische box mogelijk, maar:
 - Kosten ++
 - Kan COP beïnvloeden



VII. WARMTEPOMP - GELUID

Geluidhinder



Buitenunits op gevel (Bron Pexels)



VII. WARMTEPOMP - GELUID - GSV

De gewestelijke stedenbouwkundige verordening (GSV)

- ▶ Verboden op de voorgevel
- ▶ Mag niet zichtbaar zijn vanaf de openbare weg



Buitenunits op gevel (Bron: Cache Climatisation)



VII. WARMTEPOMP – FGAZ

CO₂-uitstoot: F-gas

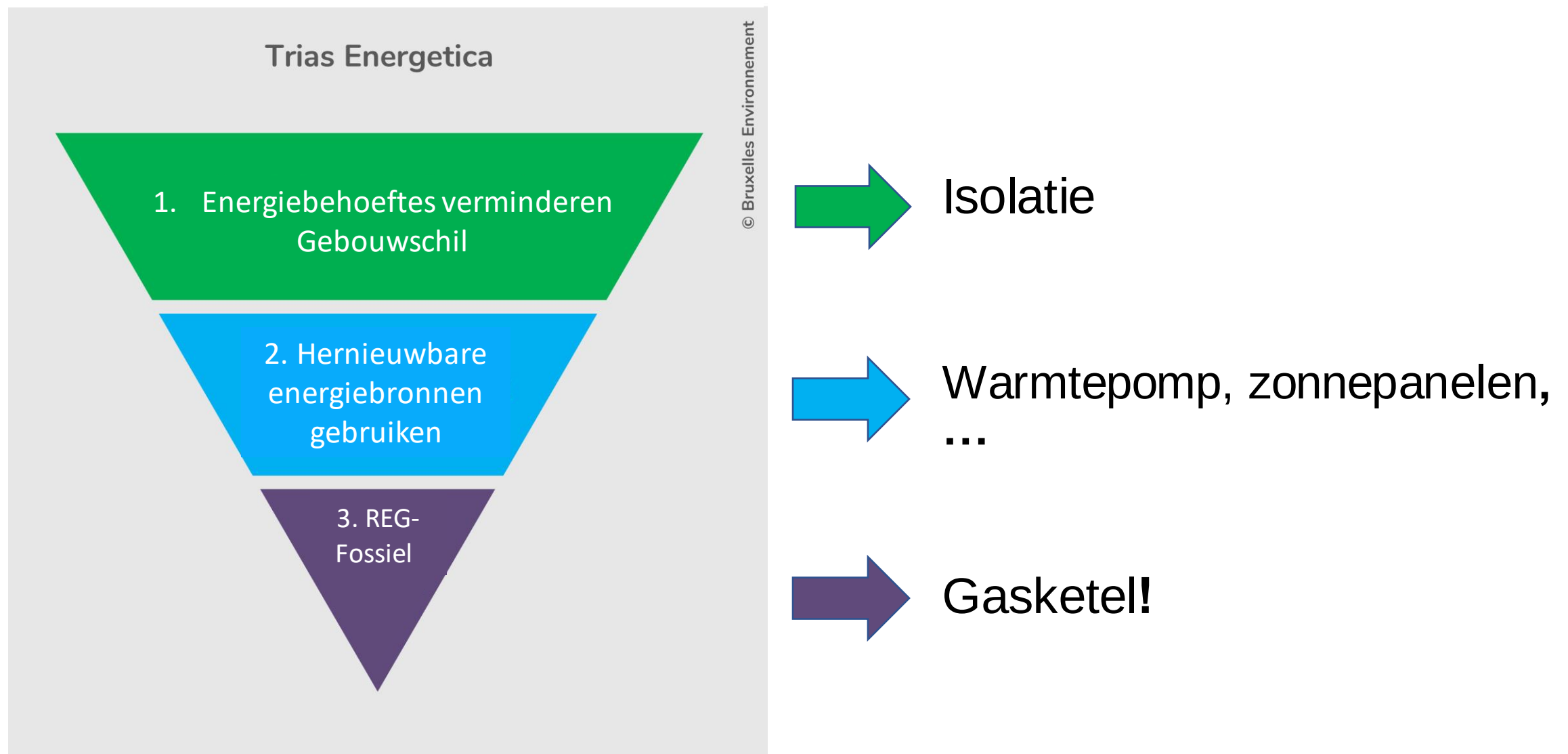
- ▶ Doel: de CO₂-impact van koelmiddelen verminderen
 - Geleidelijk verbod op koudemiddelen met een hoog GWP
 - Volgens toepassing
 - Volgens GWP
 - Maatregelen om lekken tijdens het gebruik te vermijden
 - Detectoren
 - Controles
 - Maatregelen om verliezen aan het einde van de levensduur te vermijden



VIII. STOOKPLAATSRENOVATIE

reflectie tot nadenken

LOGICA ENERGETICA TRIAS



Trias Energetica (Bron: Gids Duurzame Gebouwen)



VIII. STOOKPLAATSRENOVATIE

Verschillende combinaties

- ▶ Nieuwbouw, zeer goed geïsoleerd, vloerverwarming:
 - Warmtepomp + zonnepanelen
- ▶ Oud gebouw, matig geïsoleerd, conventionele radiatoren:
 - hybride verwarming: gasketel + warmtepomp
- ▶ Oud gebouw, slecht geïsoleerd, convectore:
 - Gasketel
 - Plannen isoleren van het gebouw + vervangen van de stralers

TE ONTHOUDEN VAN DE PRESENTATIE

- Warmtepompen bieden een groot potentieel voor de overgang naar hernieuwbare/koolstofarme warmte
- De COP wordt sterk beïnvloed door de keuze van de koude bron, door de kenmerken van de warmtebron en door de dimensionering.
- De rentabiliteit van een warmtepomp wordt sterk beïnvloed door de COP
- Er zijn beperkingen in stedelijke omgevingen (lawaai, stedenbouw, elektriciteitsnet, enz.)
- Bij renovatie is het mogelijk om over te schakelen op een warmtepomp, mits enkele aanpassingen



TOOLS, WEBSITES, BRONNEN

- Facilitator Duurzame Gebouwen

Antwoorden op technische vragen in elke fase van een project

- Keuze van technologieën
- Het gebouw aanpassen (schil, stralers, enz.)
- Quicksan energie
- Regelgeving

- Gids Duurzame Gebouwen

- Gewestelijk Bestemmingsplan

- Vectorrapport - Samenvatting van onderzoeken inzake verwarming met warmtepompen

https://document.environnement.brussels/opac_css/index.php?lvl=more_results&autolevel1=1



CONTACT

Nicolas Cuvelier

Facilitator Duurzame Gebouwen

Contact informatie

Tel : **0800 85 775**

E-mail : **facilitator@leefmilieu.brussels**

Leefmilieu Brussel

www.leefmilieu.brussels

