

OPLEIDING DUURZAME GEBOUWEN

VERWARMING EN SANITAIR
WARM WATER: ONTWERP

HERFST 2022

Warmteproductie

Voorstelling van de verschillende types productiesystemen en selectiecriteria



Pierre GUSTIN
écorce
INGENIEUR-CONSULTANT



- ▶ Een overzicht verkrijgen van productiesystemen voor verwarming en SWW in residentiële en tertiaire gebouwen
- ▶ Toelichten van de voor- en nadelen van elk systeem



ENERGIEBRON

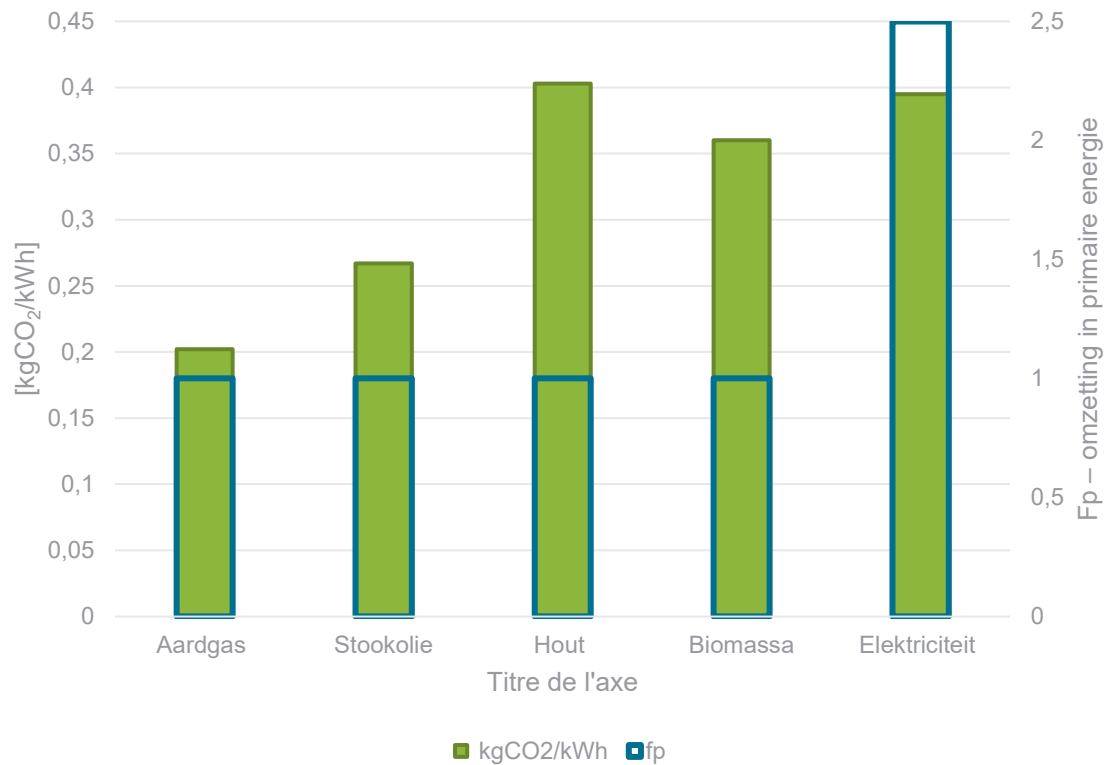
VERBRANDING

THERMODYNAMISCH

ZONNE-ENERGIE



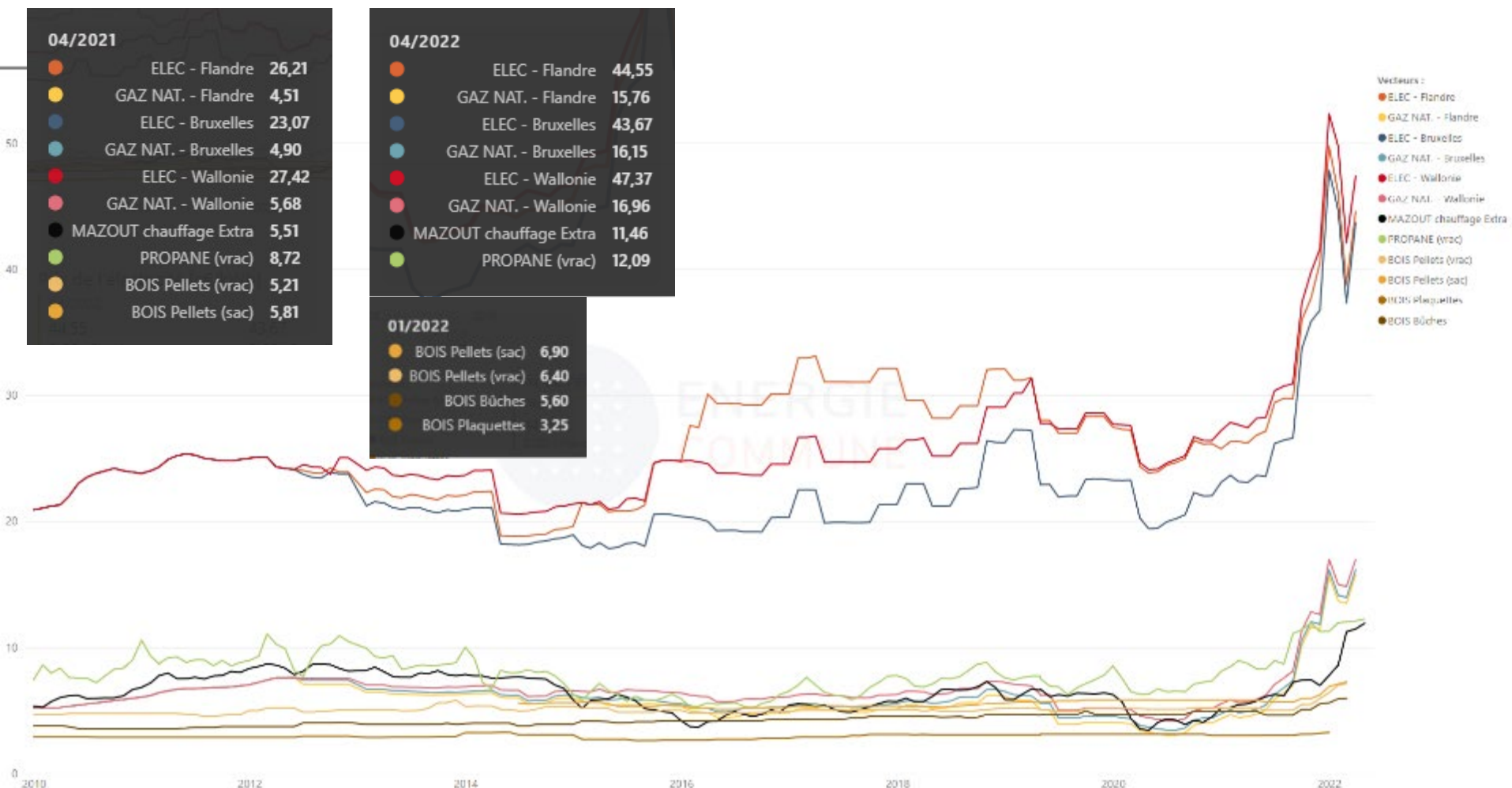
Omzettingsfactoren



Bron: AGBC



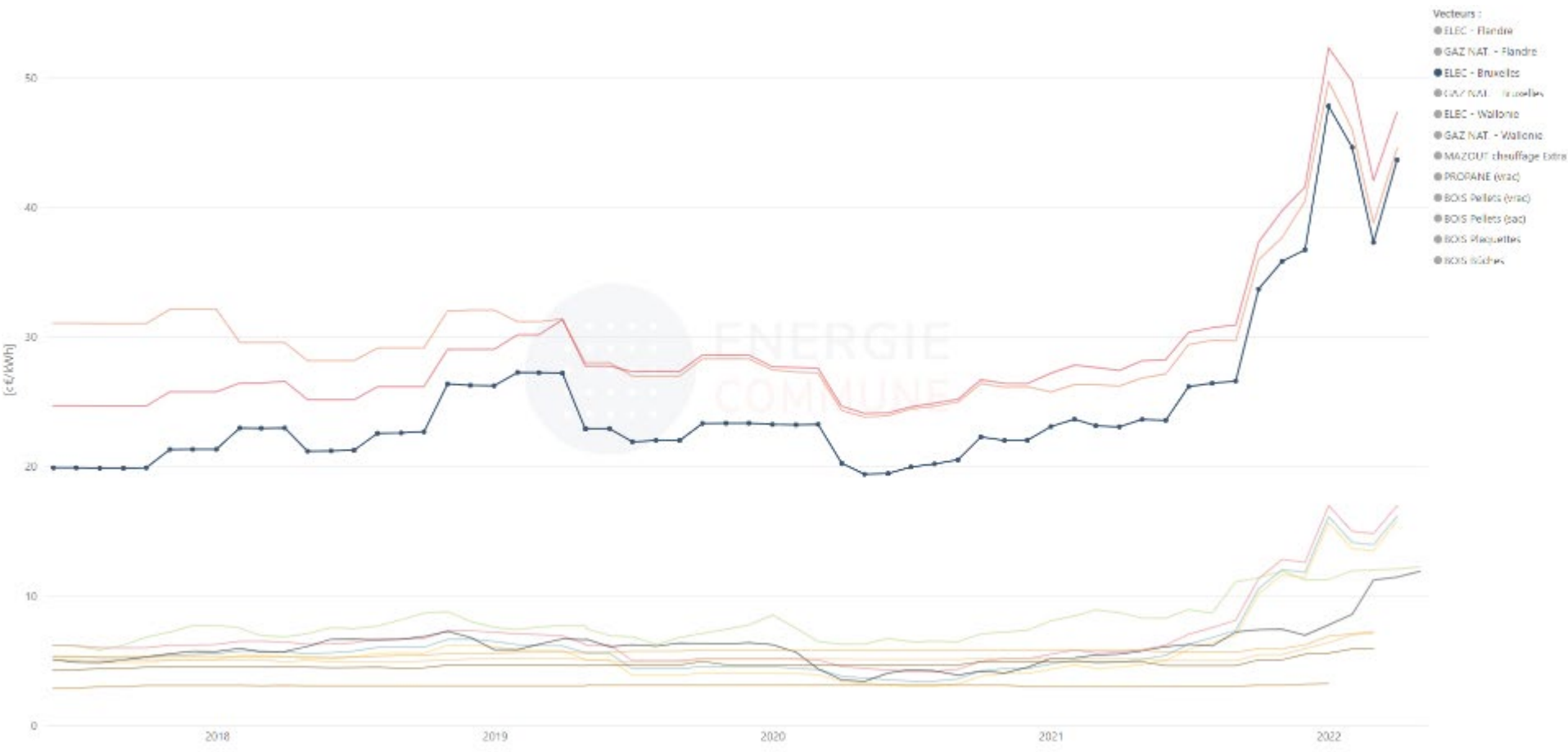
Evolutie van de energieprijzen voor de gezinnen



Bron : <https://energiecommune.be/statistique/prix-energie/>



Evolutie van de energieprijzen voor de gezinnen



Bron : <https://energiecommune.be/statistique/prix-energie/>



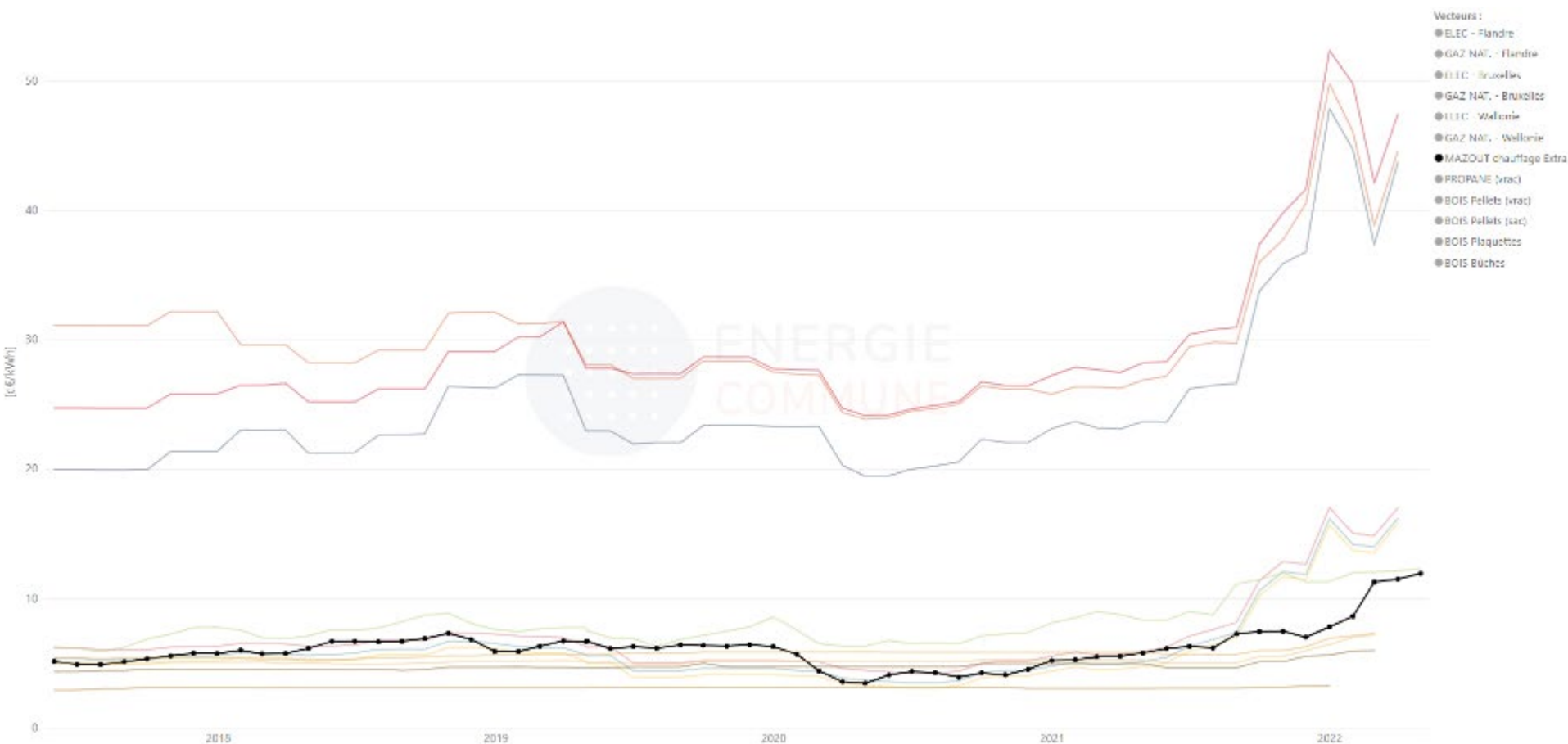
Evolutie van de energieprijzen voor de gezinnen



Bron : <https://energiecommune.be/statistique/prix-energie/>



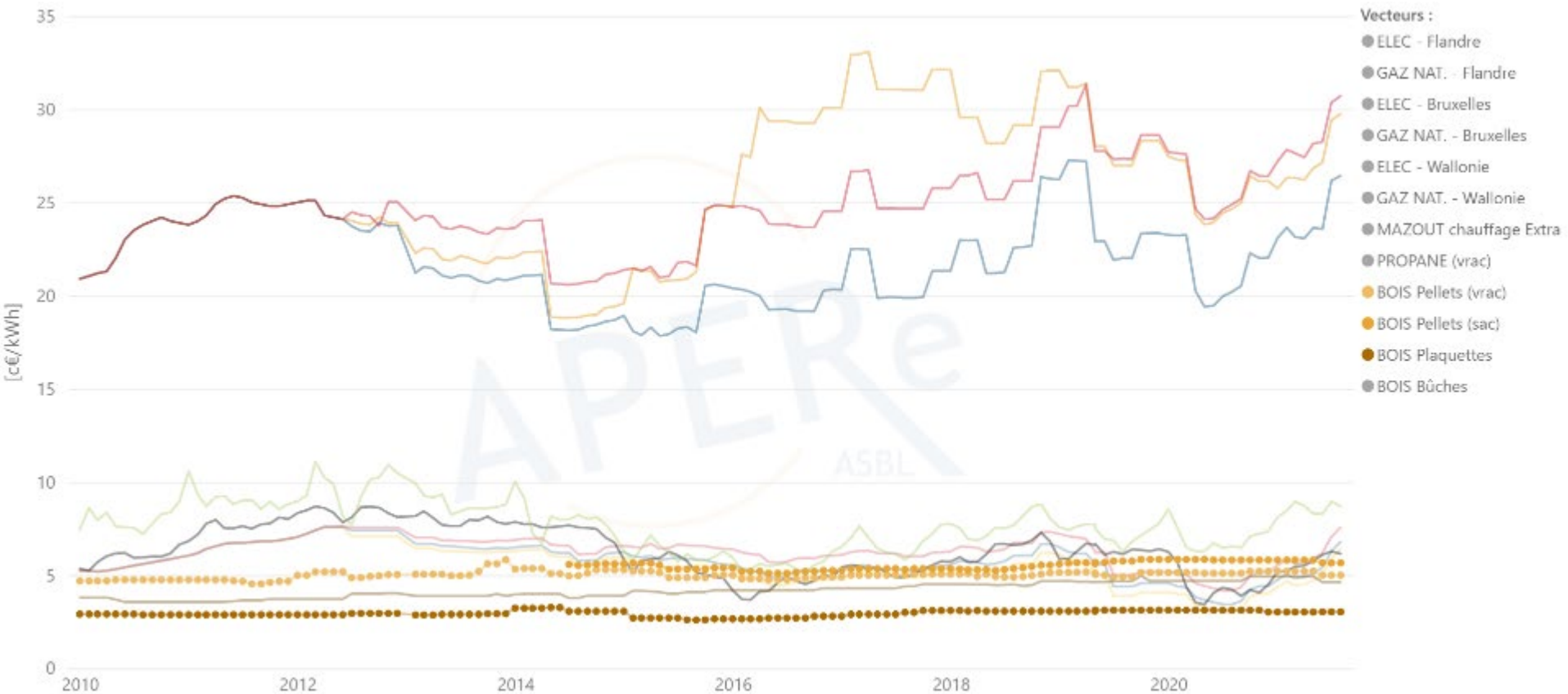
Evolutie van de energieprijzen voor de gezinnen



Bron : <https://energiecommune.be/statistique/prix-energie/>



Evolutie van de energieprijzen voor de gezinnen



Bron : <https://energiecommune.be/statistique/prix-energie/>



ENERGIEBRON

VERBRANDING

- ▶ **Verbranding**
- ▶ **Prestaties van de ketel**
- ▶ **Verbrandingsgeneratoren**

THERMODYNAMISCH

ZONNE-ENERGIE



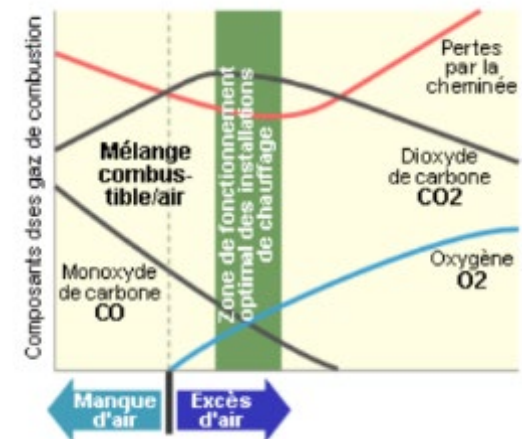
Verbranding en brandstof

- Reactie van de verbranding:



- Koolwaterstoffen < gas, stookolie, hout, kool, ...
- Lucht: N₂, O₂, CO₂, ...
 - Het stikstof in de lucht vormt in sommige omstandigheden NO_x

	CO ₂ -productie	H ₂ O-productie
1 m ³ gas	~ 2 kg/m ³	~ 1,7 kg/m ³
1 l stookolie	~ 3 kg/l	~ 0,9 kg/l



Calorisch vermogen of verbrandingswaarde

- Dit is de **warmte** die kan vrijkomen bij **volledige verbranding** van een eenheid brandstof
- Onderste verbrandingswaarde (OVW): gemeten met behoud van het water in dampvormige toestand
- Bovenste verbrandingswaarde (BVW): gemeten door recuperatie van de warmte uit condensatie van het water > **vereist een condensatieketel!**

⇒ **BVW = OVW + latente warmte**

	OVW	BVW	
Aardgas	~ 10 kWh/m ³	~ 11,11 kWh/m ³	+ 11,11 %
Stookolie	~ 10 kWh/l	~ 10,64 kwh/l	+ 6,4 %
Propan	~ 6,6 kWh/l	~ 7,2 kWh/l	+ 9 %
Steenkool	~ 8,7 kWh/kg	~ 9 kWh/kg	+ 3,5 %
Hout	~ 2,5 tot 4 kwh/kg	~ 2,7 tot 4,3 kwh/kg	+ 7,5 %
Pellets	~ 5 kWh/kg	~ 5,5 kWh/kg	+ 10 %



Prestaties van een ketel

- ▶ Gekenmerkt door verschillende rendementswaarden
 - Nominaal of nuttig rendement
 - Verbrandingsrendement
 - Seizoensrendement



Nuttig rendement

- Is het momentaan rendement tijdens de werking van de brander

$$\Rightarrow \eta_{\text{utile}} = P_u / P_a$$

Waarbij

- P_a = het in de brandstof vervatte vermogen

P_a = brandstofdebiet x verbrandingswaarde OVW (of BVW)

- P_u = het nuttig vermogen, het vermogen dat aan het verwarmingswater wordt geleverd

$P_u = (P_a - \text{Verliezen rookgassen} - \text{Omgevingsverliezen}) / P_a$

- Het momentaan rendement verschilt naargelang de watertemperatuur en het vermogen van de brander ten opzichte van het vermogen van de ketel

$\Rightarrow$ **De fabrikant levert een nominaal rendement in ideale verbrandingsvoorwaarden voor een waterregime**

- Plage de puissance

à 80/60: 489kW

à 40/30: 530kW

- Rendement

Pleine charge PCI 80/60: 97,4%

Charge partielle PCI retour 30°C: 109,5%



Verbrandingsrendement

- ▶ Het beeld van volledige omvorming van brandstof in warmte en overdracht van die warmte aan het water van de verwarmingsketel.

$$\Rightarrow \eta_{\text{brandst}} = (P_a - \text{Verliezen rookgassen}) / P_a$$

Waarbij

- P_a is het in de brandstof vervat vermogen

$$P_a = \text{brandstofdebiet} \times \text{verbrandingswaarde OVW}$$

Rendement vaak hoger dan 100% voor condensatieketels

- ▶ Het momentaan verbrandingsrendement van een ketel kan worden berekend als volgt:

$$\Rightarrow \eta_{\text{brandst}} = 100 - f \times (T_{\text{rook}} - T_{\text{omg}}) / \%CO_2$$

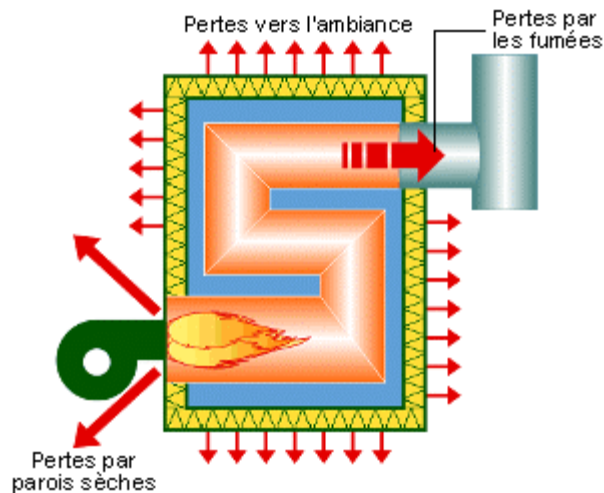
Avec,

- T_{rook} = de temperatuur van de rookgassen bij het verlaten van de ketel [°C] > **meetbaar**
- T_{omg} = omgevingstemperatuur in de stookruimte [°C] > **meetbaar**
- $CO_2\%$ = CO_2 -gehalte in de rookgassen [%] > **meetbaar**
- f = factor die hoofdzakelijk afhangt van het type brandstof



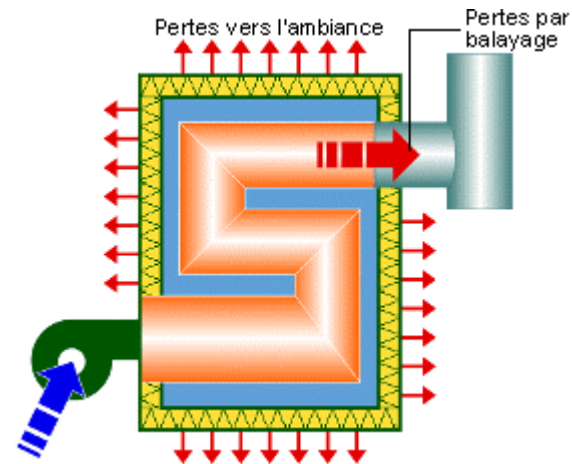
Seizoensrendement

- ▶ Verhouding tussen de totale energie die wordt overgedragen aan het verwarmingswater tijdens het volledige stookseizoen en de energie vervat in de brandstof.
- ▶ Die factor maakt het mogelijk de totale prestaties te berekenen.
- ▶ Hij houdt rekening met de stilstandsverliezen:
 - Verliezen door straling en convection
 - Verliezen door interne convection in de schoorsteen



Bij werking van de brander

Bron: Energie +



Bij stilstand van de brander



Overzicht van bestaande technologieën

- ▶ Keteltypes
 - Wandketel - vloerketel
 - Atmosferische ketel - ketel met ventilatorbrander
 - Hoge temperatuur - lage temperatuur - condensatieketel
 - Luchtdichte - niet luchtdichte ketel
 - Brander on/off - tweetraps - Modulerend
- ▶ Brandstof: aardgas (of propaangas) - stookolie - hout
- ▶ Ruim gamma beschikbare vermogens (1 kW > 12MW)



Bron : Ygnis



Bron : Remeha



Bron : ÖkoFEN



Bron : AO Smith



Vloerketel

- ▶ Neemt meer plaats in in de installatie
- ▶ Voor eengezinswoningen maar ook voor grote gebouwen
- ▶ Mogelijkheid van ketels met grote waterinhoud
- ▶ Groot vermogensgamma 15kW tot 12MW



Wandketel

- ▶ Neemt minder plaats in - Beperkt gewicht en afmetingen
- ▶ Geschikt voor appartementen en eengezinswoningen
- ▶ Hoofdzakelijk gascondensatieketels
- ▶ Vermogen van 10 tot 100 kW, ook mogelijkheid van trapsgewijze installatie voor grotere vermogens



Atmosferische ketel

- ▶ Brandertoevoerbuïs onder de vuurhaard
- ▶ Geen ventilator,
- ▶ Hoge NO_x-emissie
- ▶ Aanzienlijke stilstandsverliezen
- ▶ Zeer slechte prestaties, laag rendement (tussen 85% en 92%)
- ▶ **Dit systeem verdwijnt!**



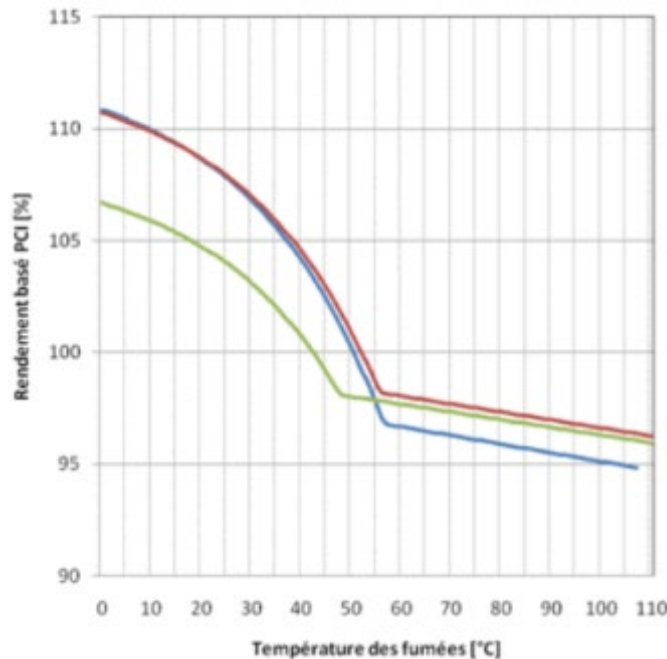
Ketel met ventilatorbrander

- ▶ Branderkeuze onafhankelijk van de ketel (stookolie of gas)
- ▶ Brander uitgerust met ventilator
- ▶ Vrij geringe stilstandsverliezen
- ▶ Rendement afhankelijk van de regeling
- ▶ Nuttig rendement ~ 84 .. 90 %
(of zelfs meer voor condensatieketels!)

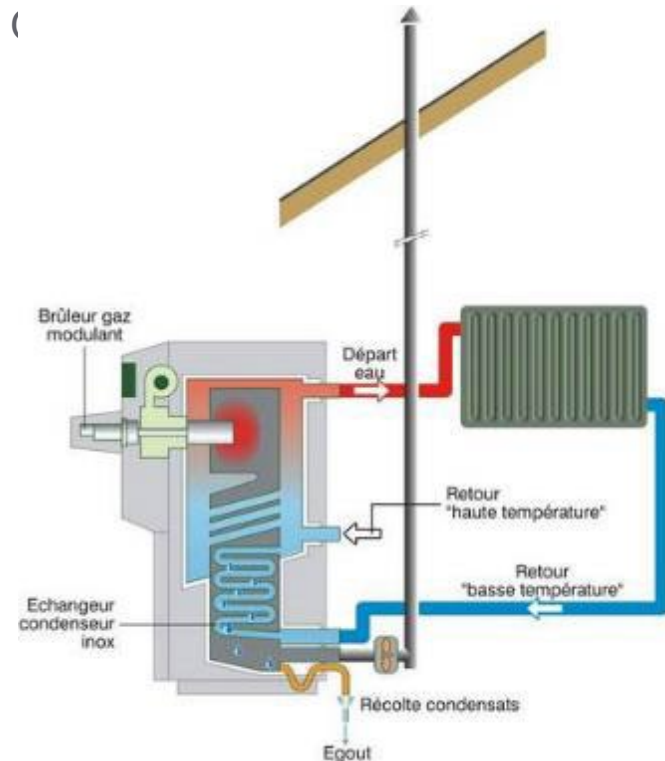


Condensatieketel

- ▶ Condensatie van de waterdamp die aanwezig is in de rookgassen dankzij een warmtewisselaar
- ▶ Rendement ~ 95 .. 108 % (op basis van)
- ▶ Lager temperatuurregime



Bron: energie+



⇒ Het is mogelijk om een afzonderlijke condensator te gebruiken, toegevoegd aan een traditionele ketel om het rendement te verhogen.



Condenserende ketel



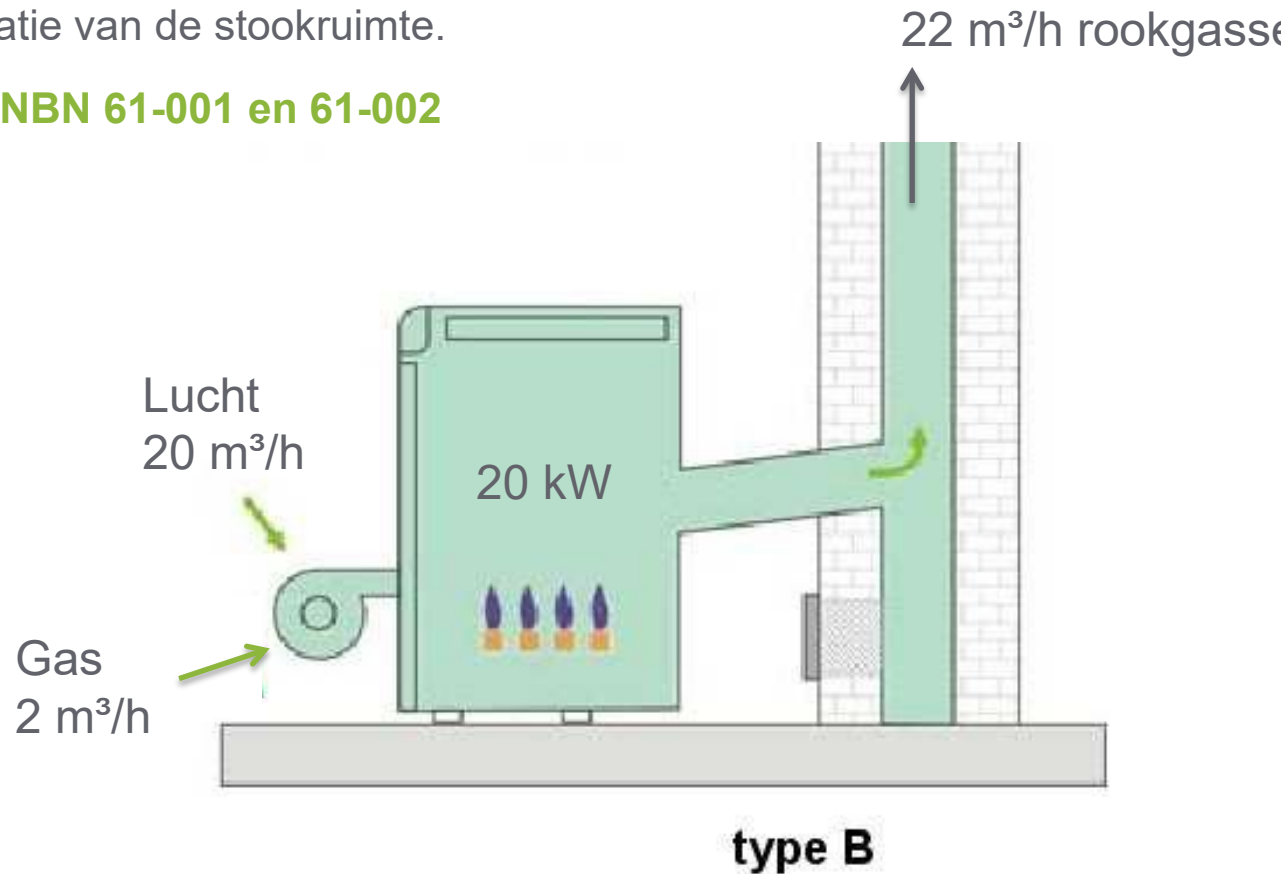
Bron/Bron : Vaillant



Niet-luchtdichte ketel

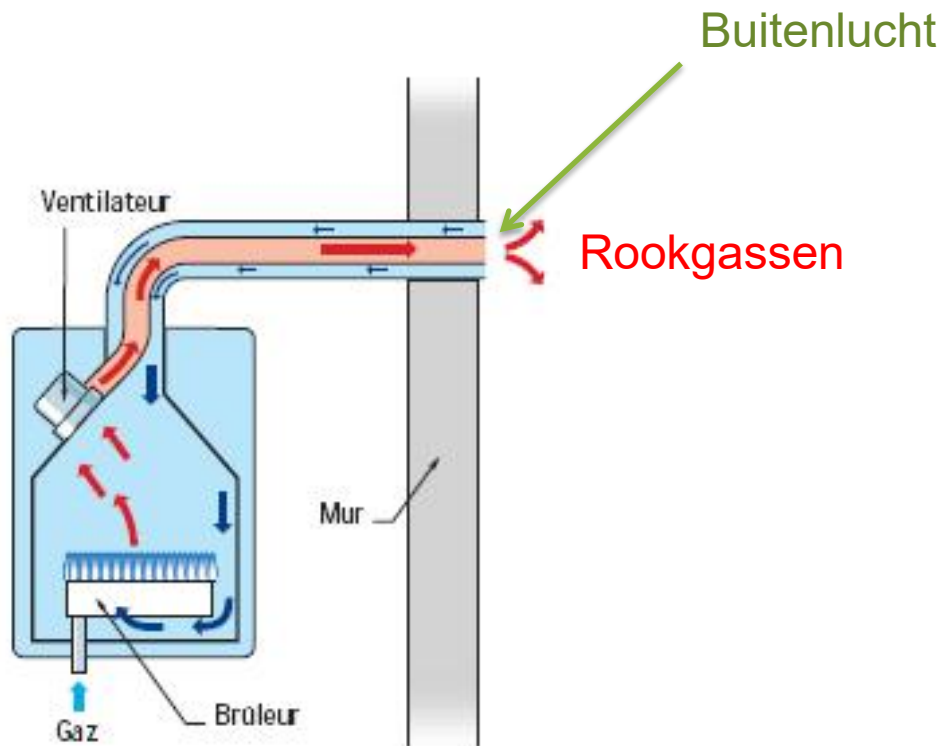
- ▶ Een ketel wordt “niet-luchtdicht” genoemd wanneer de lucht voor de verbranding uit de stookruimte wordt gehaald.
- ▶ Ketelclassificatie: type B
- ▶ Zorgen voor ventilatie van de stookruimte.

⇒ **Normen NBN 61-001 en 61-002**

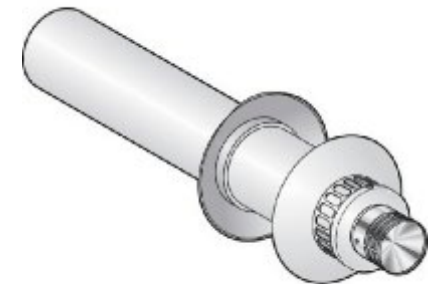


Luchtdichte ketel

- Een ketel is zogenaamd “luchtdicht” wanneer zijn werking onafhankelijk is van de lucht in het lokaal waarin hij is geplaatst. Dit principe wordt ook wel aangeduid met de term “ventouse”.



Principe de fonctionnement

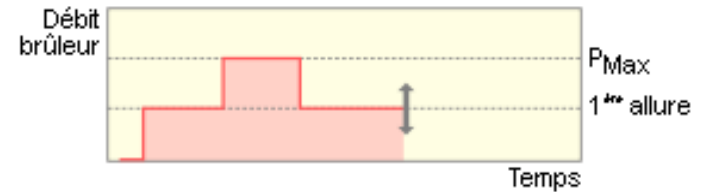


Brander aan/uit

- ▶ “Alles of niets”

Tweetrapsbrander

- ▶ Aangeschakeld in de eerste vlamgang, gaat over naar tweede vlamgang indien nodig



Progressieve tweetrapsbranders

- ▶ Heeft twee vermogensniveaus
- ▶ De overgang van eerste naar tweede vlamgang verloopt geleidelijk

Modulerende brander

- ▶ Alle werkingsgangen zijn mogelijk
- ▶ Module in een vermogensgamma
>vermeld in de technische fiche van het toestel - bv. tussen 6 en 24 kW



Condenserende gas- of stookolieketels

“Overal inzetbaar systeem”

+	-
▶ Betrouwbare en concurrerende technologie ▶ Hoog rendement (condensatie) ▶ Redelijke onderhoudskosten ▶ Groot vermogensbereik ▶ Groot temperatuurbereik productie (LT, HT en SWW) ▶ Eenvoudige vermogensmodulatie	▶ Brandstofprijs: afhankelijk van de markt ▶ Fossiele brandstof ▶ Integratie rookkanaal ▶ Opslag (stookolie) ▶ Reglementering (stookruimte)



Bron: Viessmann



Condenserende gasgestookte boiler

“Ideaal voor grote SWW-behoefte met hoge piekbelastingen”

+	-
▶ Productie van SWW onafhankelijk van de verwarming ▶ Hoog rendement (condensatie) ▶ Redelijke onderhoudskosten	▶ Uitsluitend op aardgas ▶ Benodigde ruimte ▶ Opslagverliezen ▶ Integratie rookkanaal



Bron: AO Smith



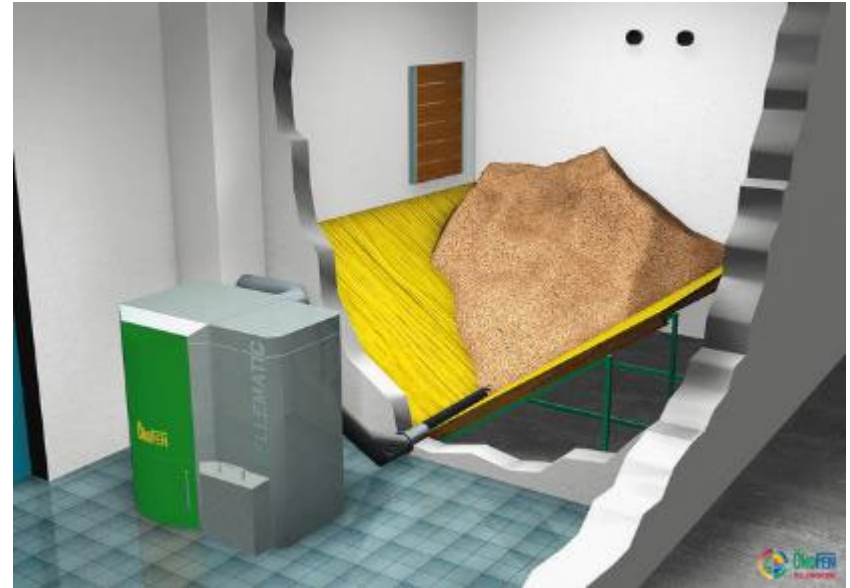
Pelletketel

“Niet zo geschikt in een stedelijke context”

+	-
▶ Groot vermogensbereik ▶ Groot temperatuurbereik productie (LT, HT en SSW) ▶ Vermogensmodulatie ▶ Hernieuwbare brandstof ▶ Revalorisatie van houtafval (indien lokaal)	▶ Benodigde ruimte: ▶ Buffervat ▶ Brandstof ▶ Bevoorrading ▶ Hogere onderhoudskosten ▶ Afvoer van assen ▶ Fijnstof ▶ Integratie rookkanaal ▶ Lager rendement (<> aardgas en stookolie)



Pelletketel - opslag



Pelletkachel

“Voor gezelligheid of voor hoogperformante woningen”

+	-
▶ Voor gezelligheid ▶ <u>OF</u> kan een centraal verwarmingssysteem vervangen in hoogperformante woningen ▶ Vermogensmodulatie ▶ Bestaat ook in watergevoerde uitvoering voor de voeding van warmteafgiftelichamen of de productie van sanitair warm water (aanvulling voorzien in de zomer)	▶ Bevoorrading en opslag van brandstof ▶ Afvoer van assen ▶ Fijnstof ▶ Integratie rookkanaal



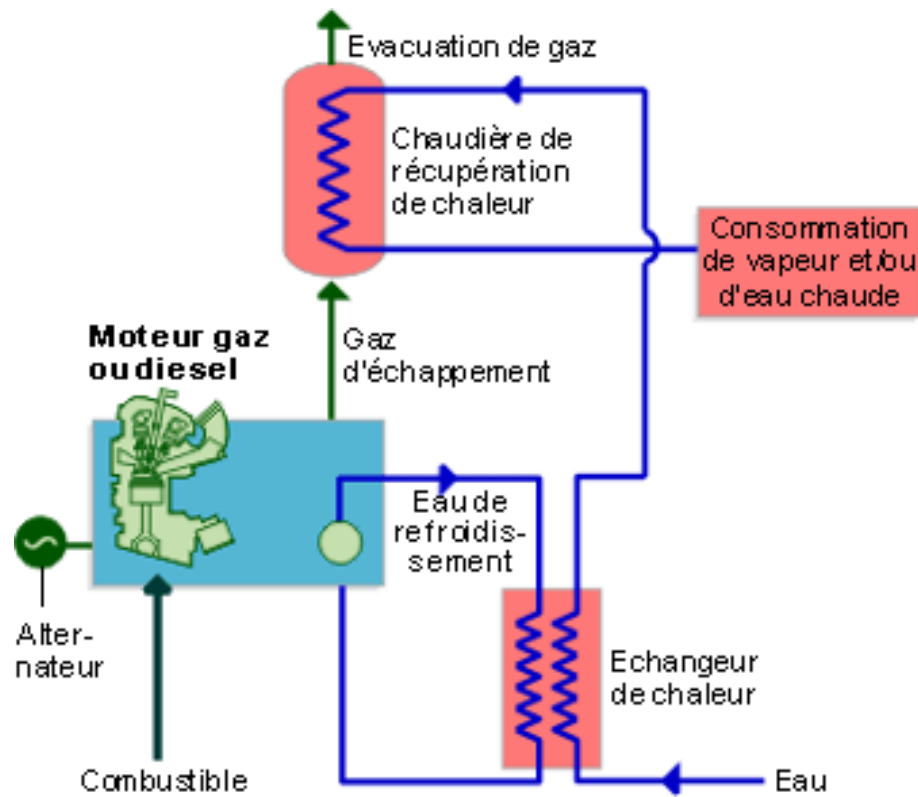
Warmtekrachtkoppeling

“Geschikt voor grote en constante warmtebehoefte”

+	-
▶ Gelijktijdige productie van warmte en elektriciteit ▶ Meerdere brandstoffen: aardgas, stookolie, biomassa ▶ Vanaf 5 kWth ▶ Energiebesparing ten opzichte van onafhankelijke productie (van warmte of elektriciteit)	▶ Hoge aankoopkost ▶ Hoge onderhoudseisen ▶ Benodigde ruimte (boiler) ▶ Vereist gelijktijdige en regelmatige warmte- en elektriciteitsbehoeften ▶ Integratie rookkanaal ▶ Complexere akoestiek ▶ Vereist aanvullend productiesysteem



Warmtekrachtkoppeling



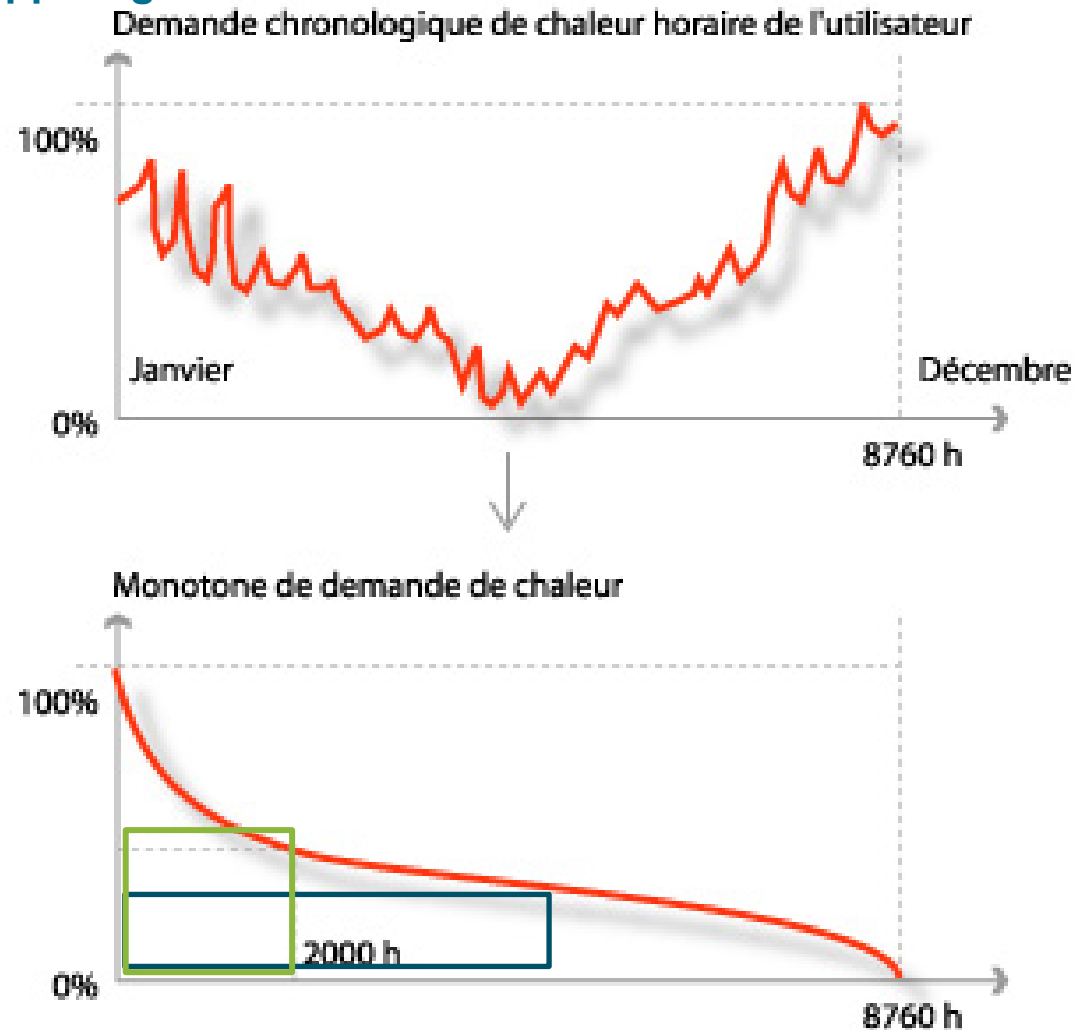
Bron: ICEDD



Bron: Enersol



Warmtekrachtkoppeling



ENERGIEBRON

VERBRANDING

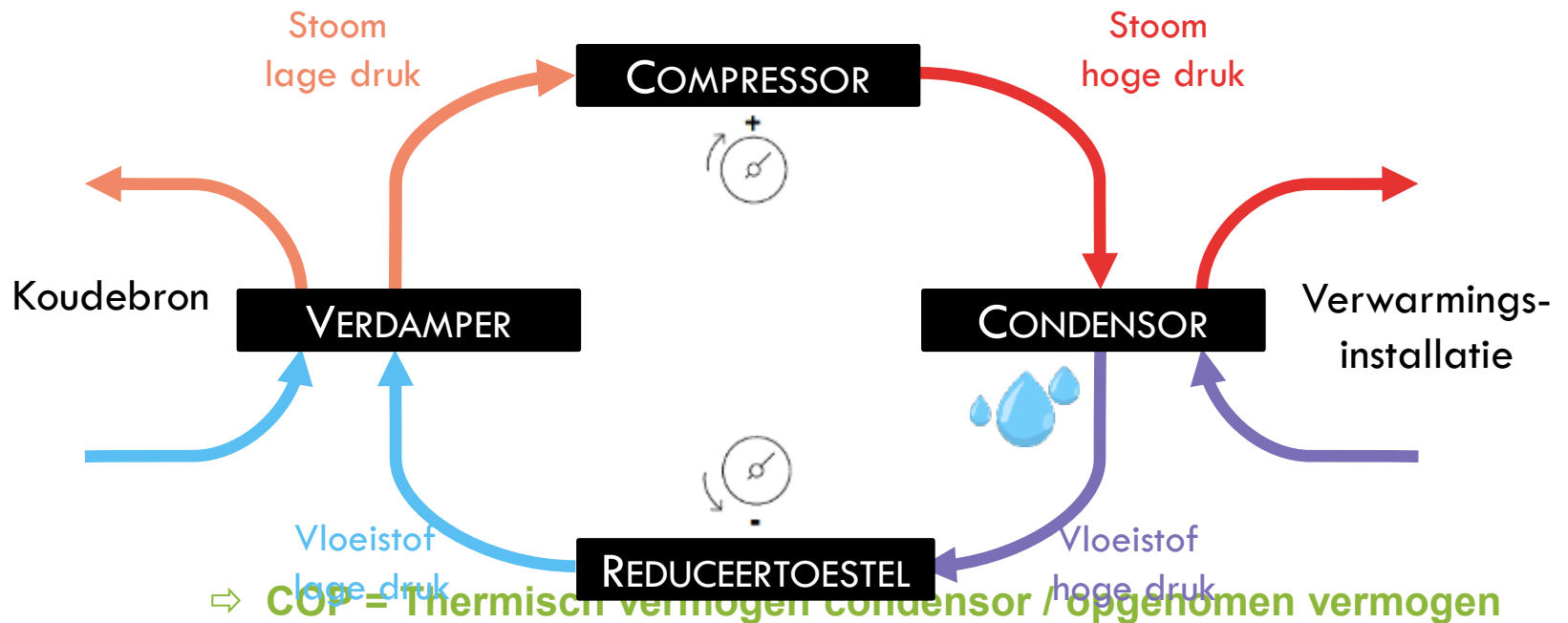
THERMODYNAMISCH

ZONNE-ENERGIE



Warmtepomp

- ▶ Met mechanische of “chemische” compressie
- ▶ Op water/lucht
- ▶ Productie LT of HT,
- ▶ Verwarming en/of SSW
- ▶ Omkeerbaar?



Koudebron

- ▶ De bodem (= geothermisch)
- ▶ De lucht (= aerothermisch)
- ▶ Het water (hydrothermisch)
- ▶ Verloren warmte (vervuilde lucht, process ...)

Aërothermische WP



Statische warmtewisselaar

Geothermische WP



Horizontale captatie

Hydrothermische WP



Oppervlaktewater



Dynamische warmtewisselaar



Verticale captatie

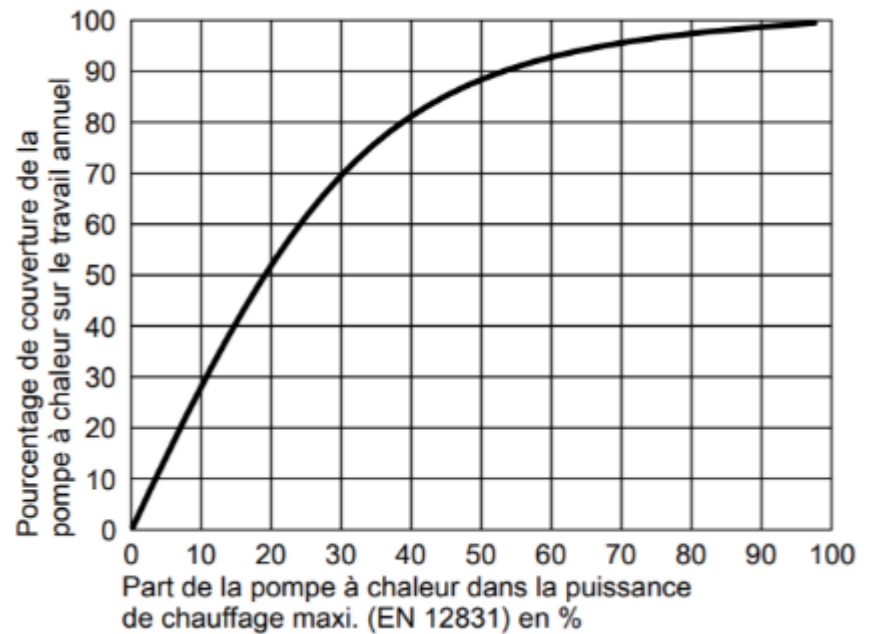
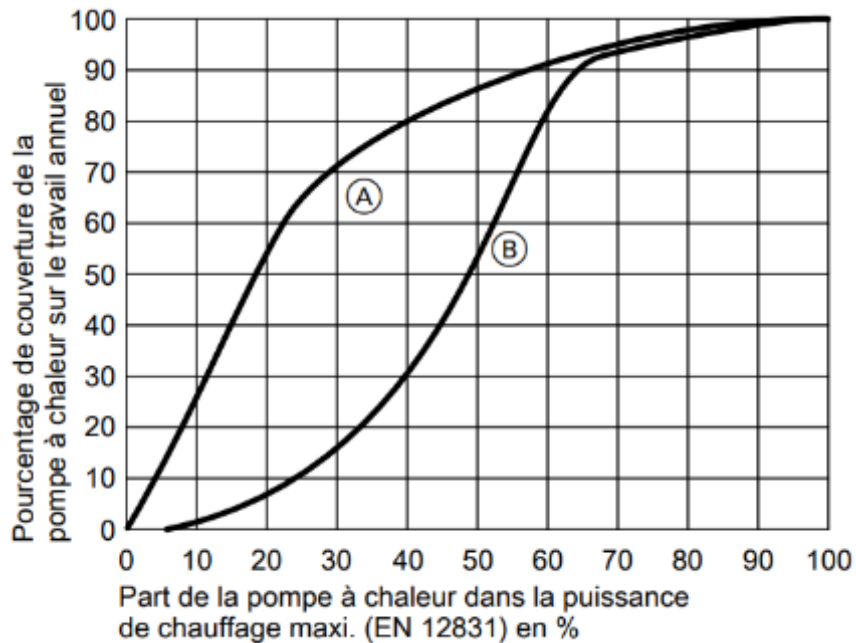


Grondwater



Warmtepomp – werkingstypes

- ▶ Monovalent
- ▶ Mono-energetisch
- ▶ Bivalent-parallel of als aflossing



Aerothermische warmtepomp

“Eenvoud van uitvoering”

+	-
▶ Mogelijkheid om met lage of hoge temperaturen te werken ▶ Omkeerbaar ▶ Geen rookkanaal ▶ Geen aanvoer van brandstof ▶ Groot vermogensbereik ▶ Kan worden gecombineerd met fotovoltaïsche zonnepanelen	▶ Grotere investering dan voor een verwarmingsketel ▶ Gebruik van koelvloeistoffen (broeikaseffect) ▶ Vereist een aangepast elektriciteitsnet ▶ Aanvulling vaak vereist ▶ Prestaties en vermogen afhankelijk van temperaturen van warmte- en koudebronnen, neemt af met buitentemperatuur. → Prestaties en vermogen volstaan niet bij grote vraag.



Aerothermische warmtepomp

Monoblokuitvoering



Source / Bron: Aermec

Groot vermogen (200 kWth)



Source / Bron: Aermec



Aerothermische warmtepomp

Hybride uitvoering aerothermische WP/gasketel



Source / Bron: Daikin

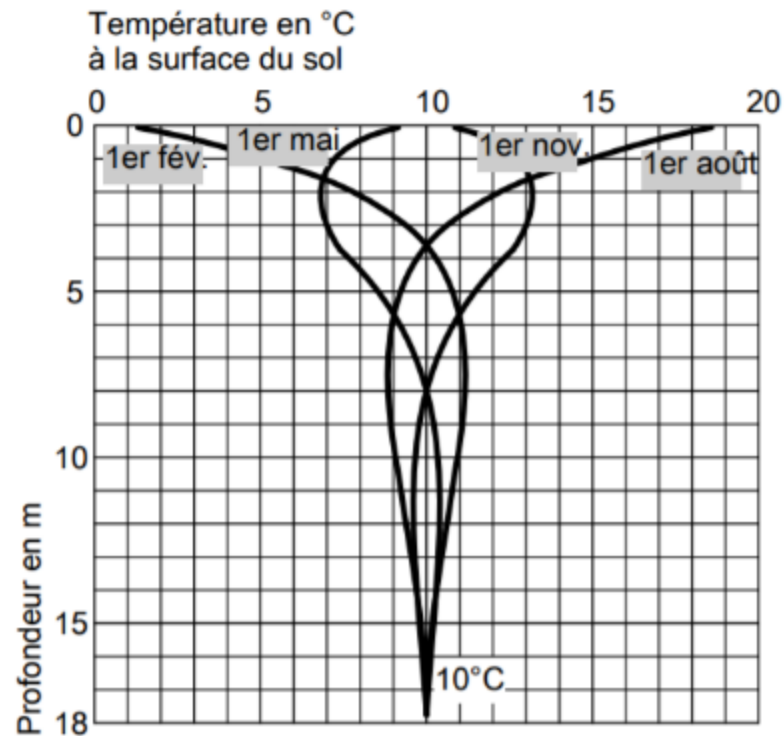
Statische warmtewisselaar



Source / Bron: HelioPac



Geothermische warmtepomp



Courbe de température dans un sol stable en fonction de la profondeur et de la saison

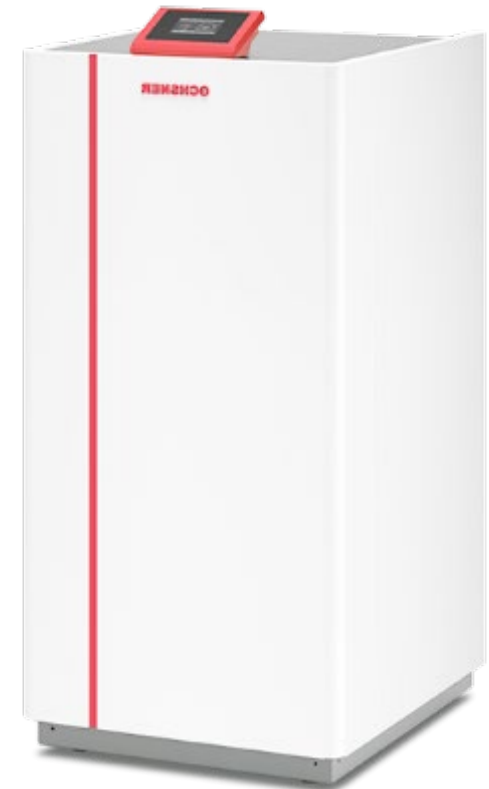
Source / Bron: Viessmann



Geothermische warmtepomp, gesloten geothermie

“Hoog en constant rendement”

+	-
▶ Hoog en “constant” rendement ▶ Stiller in buitenomgeving ▶ Mogelijkheid tot geokoeling	▶ Grondinneming warmtewisselaar buiten ▶ Vermogen beperkt door beschikbare terreinoppervlakte ▶ Kost van boringen ▶ Delicate dimensionering (gevaar voor uitputting van de bodem)



Geothermische warmtepomp – aardwarmtekorven, horizontale captatie

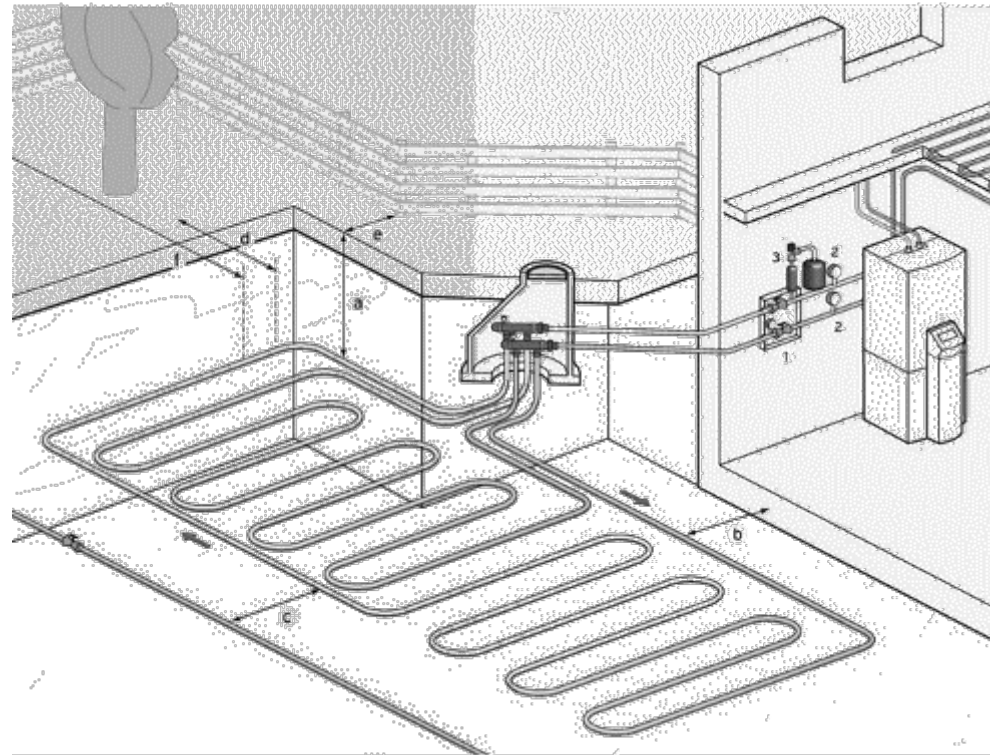
- ▶ 0,6 → 1,2 m horizontale captatie, → 5 m aardwarmtekorven



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



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

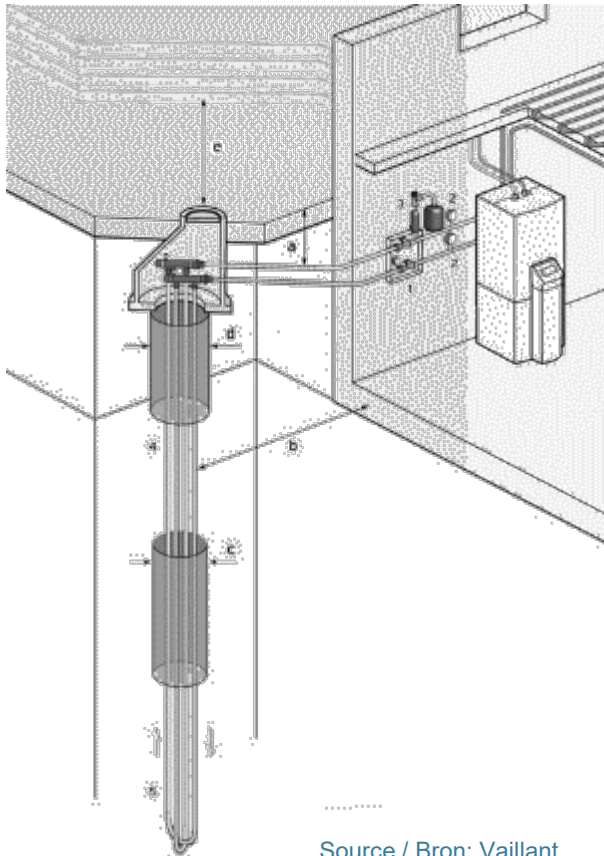


Source / Bron: Vaillant



Geothermische warmtepomp - verticale captatie (boringen)

► → 100-300 m

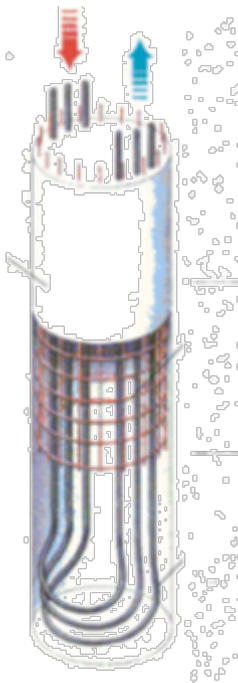


Source / Bron: Vaillant



Geothermische warmtepomp – geothermische palen

► → 10-30 m



Crèche de l'île aux oiseaux de Mons



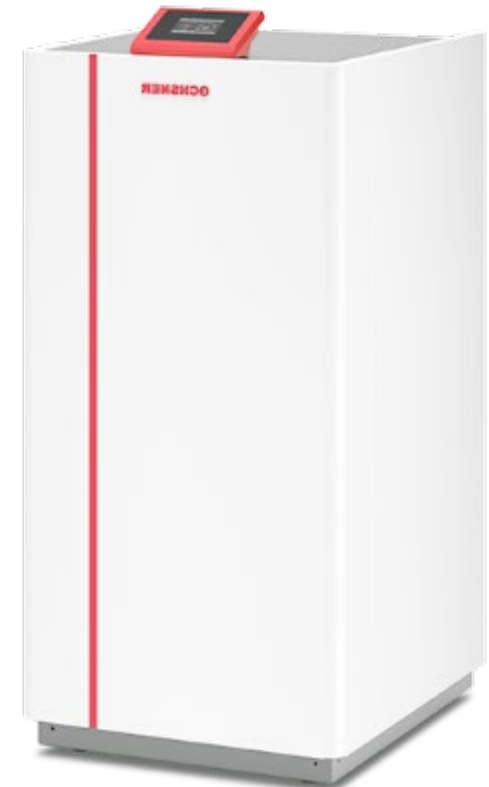
Source / Bron: EnergiePlus



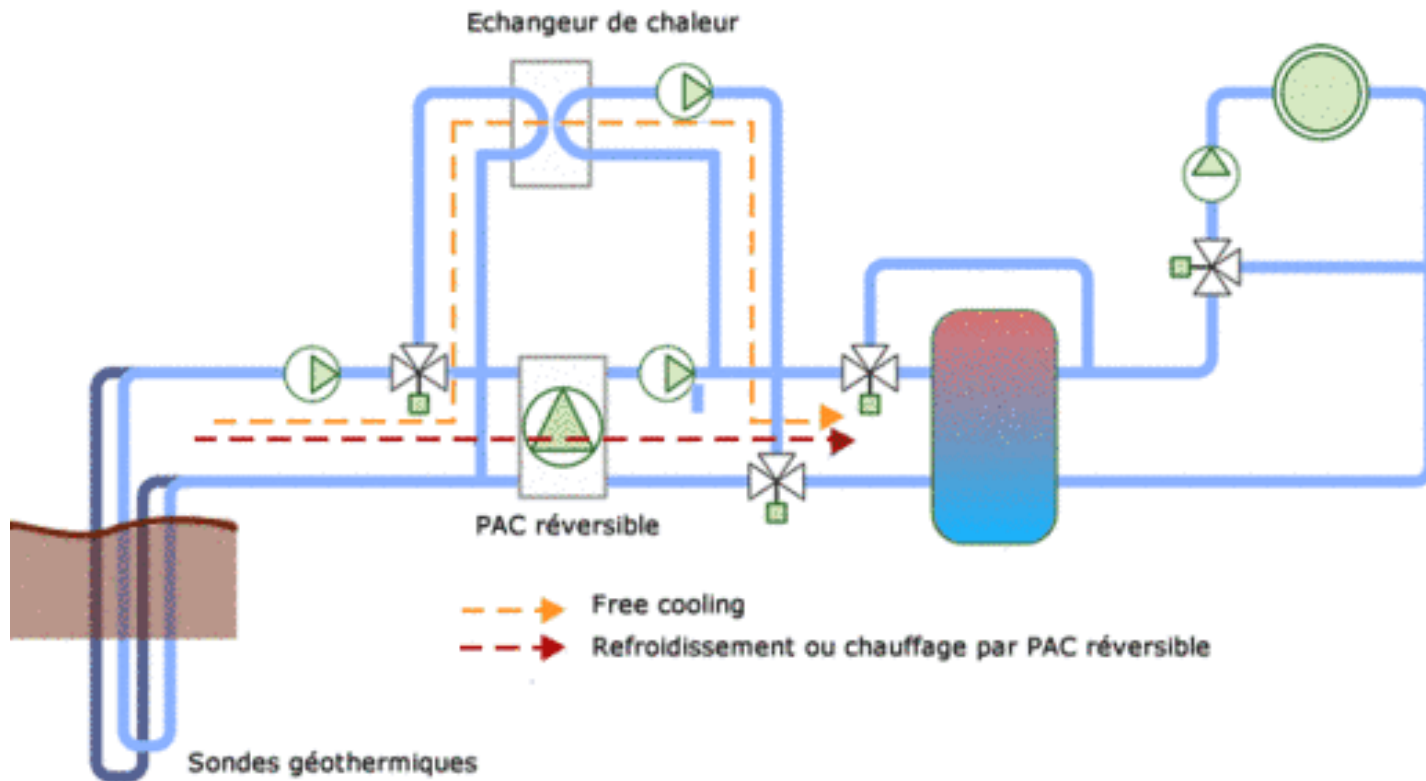
Geothermische warmtepomp, open geothermie

“Voor grote vermogens”

+	-
▶ Voor grote vermogens (collectieve huisvesting, stadsverwarming)	▶ Kosten van de studies ▶ Kosten van de boringen ▶ Vereist aanzienlijke afstand tussen de boringen



Warmtepomp – geokoeling (freecooling)



Source / Bron: <https://energieplus-lesite.be/>



Warmtepomp – thermodynamische boiler

“Een alternatief voor de conventionele elektrische boiler”

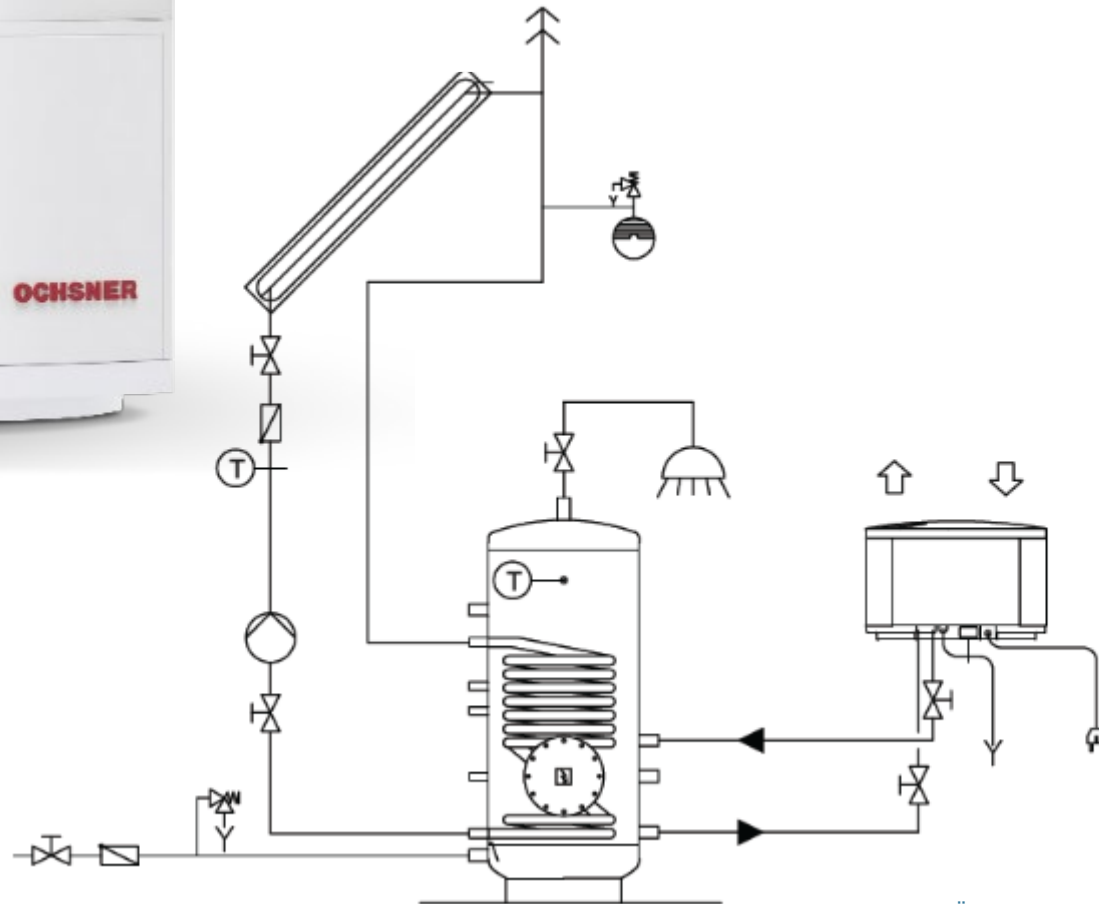
+	-
▶ Hoog rendement (in vergelijking met elektrische boiler)	▶ Benodigde ruimte ▶ Beperkte SWW-behoeften ▶ Werkt op omgevingslucht (koelt de omgevende ruimte af) of op buitenlucht (vereist toevoerinrichting). ▶ Luidruchtiger dan elektrische boiler.



Source / Bron: Öchsner



Warmtepomp – thermodynamische boiler



Source / Bron: Öchsner



ENERGIEBRON

VERBRANDING

THERMODYNAMISCH

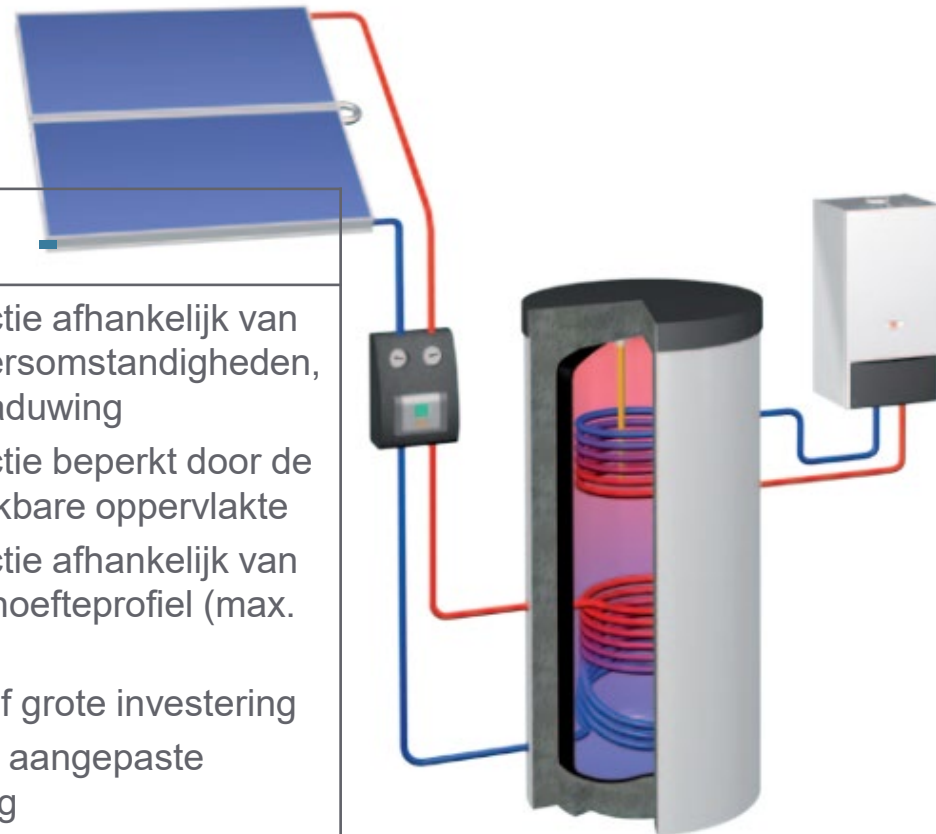
ZONNE-ENERGIE



Thermische zonnepanelen

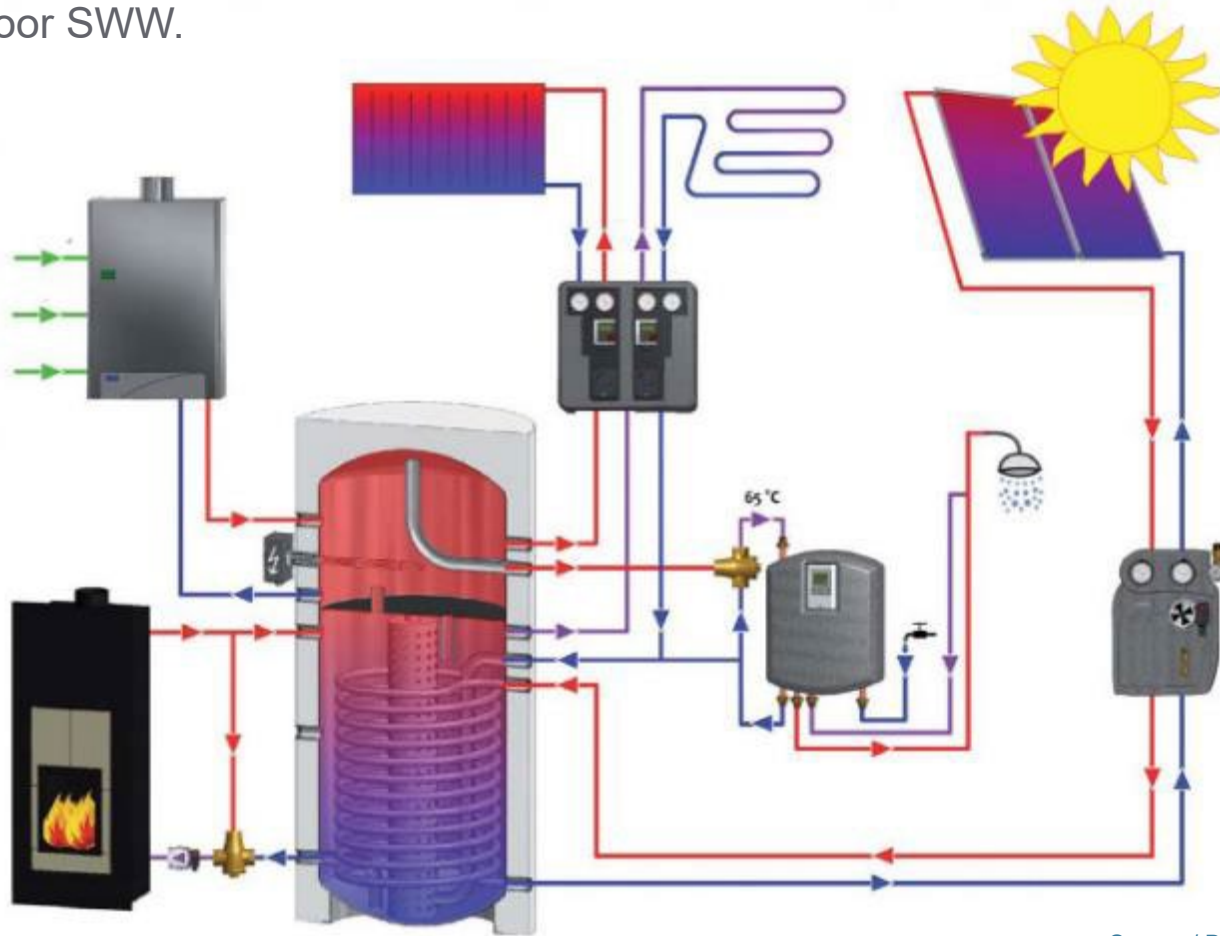
- ▶ Vlakke collectoren, vacuümbuizen, leegloopsysteem
- ▶ Residentieel of tertiair gebouw, eengezinswoning of meergezinswoning
- ▶ Als aanvulling op verwarmingsketel: verwarming + SWW

+	
▶ “Beschikbare” hernieuwbare energiebron ▶ Koppeling met ander systeem	▶ Productie afhankelijk van de weersomstandigheden, beschaduwing ▶ Productie beperkt door de beschikbare oppervlakte ▶ Productie afhankelijk van het behoefteprofiel (max. 50 %) ▶ Relatief grote investering ▶ Vereist aangepaste regeling



Thermische zonnepanelen – combinatie

- ▶ Thermische zonne-energie als aanvulling op verwarming en SWW
- ▶ In combinatie met watergevoerde kachel, om in de zomer autonoom te zijn voor SWW.





- ▶ Het geschikte productiesysteem en de passende systeemconfiguratie zijn afhankelijk van het behoefteprofiel en van de gebouwconfiguratie.
- ▶ Elk onderdeel moet doordacht en geoptimaliseerd zijn om het eindverbruik van energie te verminderen en tegelijkertijd het comfort te garanderen.
- ▶ Er is geen kant-en-klare oplossing; deze moet per geval worden bestudeerd.





Gids Duurzame Gebouwen

www.gidsduurzamegebouwen.brussels

- Thema ENERGIE

Dossier | De optimale productie- en opslagwijze voor verwarming en sanitair warm water kiezen

Dossier | Verwarming en sanitair warm water: efficiënte installaties garanderen (distributie en afgifte)

Dossier | Een efficiënte verwarmingsinstallatie ontwerpen

Websites



- Opleiding Duurzame Gebouwen

<https://leefmilieu.brussels/themas/gebouwen/goede-praktijken-om-te-bouwen-en-te-renoveren/om-u-te-helpen/opleidingen-duurzaam-104>

Om verder te gaan:

- Warmtepomp: ontwerp
- Diagnoses voor renovatie
- Energie: basisprincipes
- **WTCB:** Infofiche - Systeemrendementen (EPB)
- **EnergiePlus**
<https://energieplus-lesite.be/>



Pierre GUSTIN

Projectingenieur

écorce sa

 + 32 4 226 91 60 info@ecorce.be

BEDANKT VOOR UW AANDACHT

