

FORMATION BÂTIMENT DURABLE

ENERGIE : PRINCIPES FONDAMENTAUX

PRINTEMPS 2023

Par où commencer?

Définitions et ordres de grandeur

Julie RENAUX
éCORCE
INGÉNIERIE & CONSULTANCE





- ▶ Distinguer le besoin, puissance et consommation
- ▶ Passer en revue les différentes composantes intervenant dans le bilan énergétique global d'un bâtiment
- ▶ Expliquer comment est exprimé le rendement d'un producteur de chaleur
- ▶ Connaître les équivalences entre les différents vecteurs énergétiques



BESOINS EN ÉNERGIE

- ▶ **Pour le chauffage**
- ▶ Pour l'eau chaude sanitaire
- ▶ Pour le refroidissement
- ▶ Fixer un niveau d'ambition
- ▶ Besoin vs puissance

CONSOMMATION D'ÉNERGIE FINALE

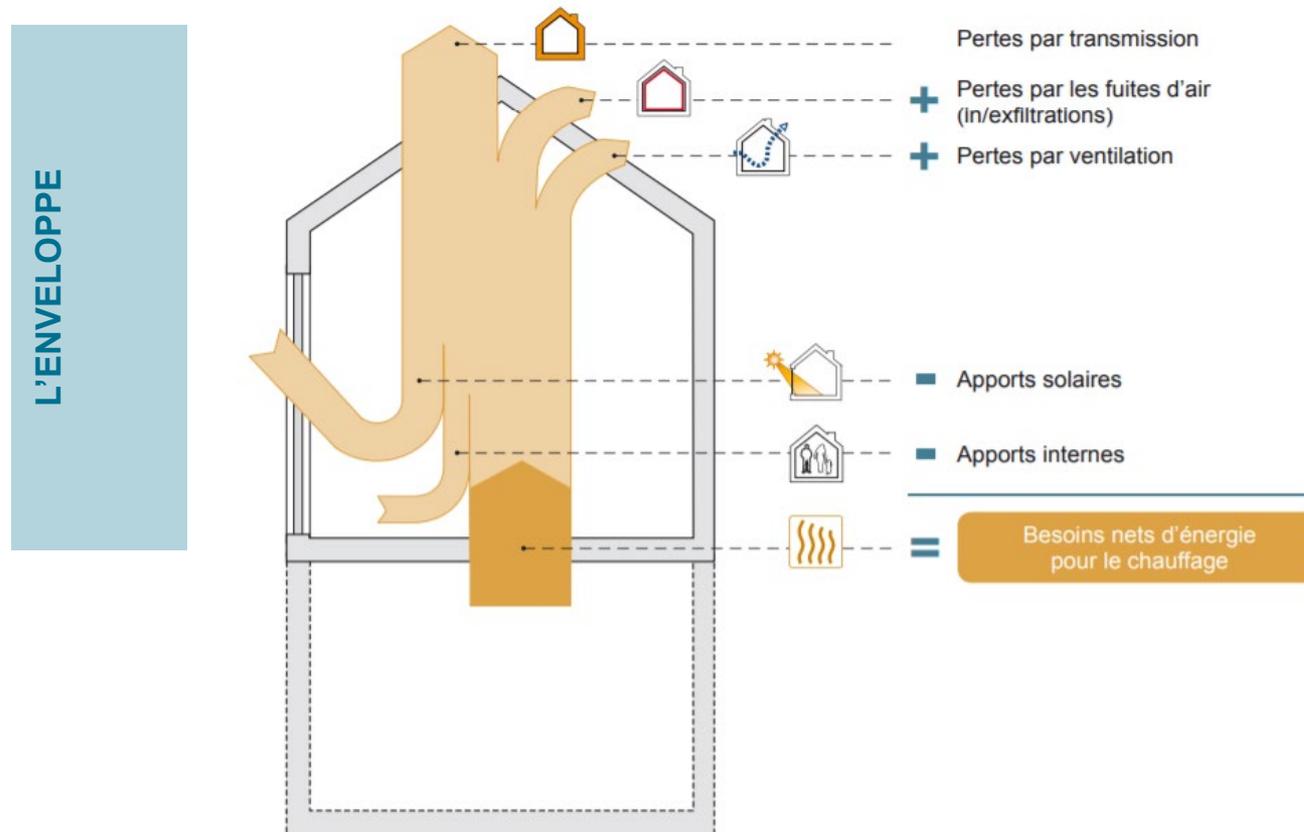
- ▶ Définition
- ▶ Notions de rendement
- ▶ Du besoin à la consommation

CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE



Définition

- *Ce qu'il faut apporter comme énergie pour compenser les déperditions au sein du volume protégé, après avoir déduit les apports solaires et internes. Ces besoins sont compensés par le système de chauffage*

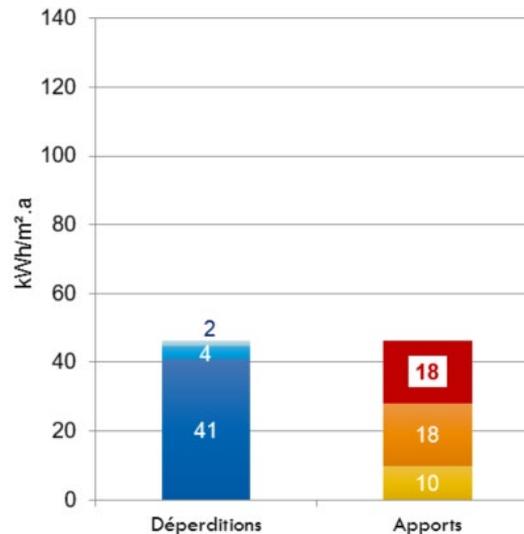
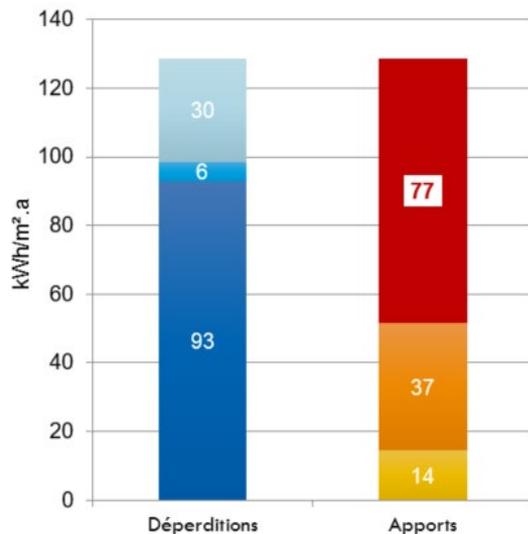


Source / Bron : ULg CIFFUL



Retour sur l'exemple fil rouge → Réduction du besoin de chauffage via:

- ▶ Isolation des parois → réduction des pertes par transmission
- ▶ Attention sur l'étanchéité à l'air → réduction des pertes par ex/infiltration
- ▶ VMC double flux avec récupération de chaleur → réduction des pertes par ventilation



- Besoins en énergie de chauffage
- Apports solaires
- Apports internes
- Pertes par infiltrations
- Pertes par ventilation
- Pertes par transmission

Bilan du bâtiment « FIL ROUGE »

Cas de base non optimisé

$$U_{\text{moyen, parois opaques}} = 0,24 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_{\text{moyen, fenêtres/portes}} = 1,8 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Type de ventilation : système D

$$\text{Étanchéité (v50)} = 12 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$$

Bilan du bâtiment « FIL ROUGE »

Enveloppe isolée + étanche V2

$$U_{\text{moyen, parois opaques}} = 0,12 \text{ W/m}^2\text{K}$$

$$U_{\text{moyen, fenêtres/portes}} = 1 \text{ W/m}^2\text{K}$$

Type de ventilation : système D

$$\text{Étanchéité v50} = 0,75 \text{ m}^3/\text{h.m}^2$$

$$n50 = 0,6 \text{ vol/h}$$



BESOINS EN ÉNERGIE

- ▶ Pour le chauffage
- ▶ **Pour l'eau chaude sanitaire**
- ▶ Pour le refroidissement
- ▶ Fixer un objectif
- ▶ Besoin vs puissance

CONSOMMATION D'ÉNERGIE FINALE

- ▶ Définition
- ▶ Consommation vs besoin

CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE



7 POUR L'EAU CHAUDE SANITAIRE

Les besoins en énergie pour l'eau chaude sanitaire dépendent:

- ▶ Du nombre d'occupants
- ▶ Du type d'affectation du bâtiment
 - Nombre et types de points de puisage
 - Fréquence d'utilisation des équipements sanitaires

Etablissement	Caractéristiques	Besoins en litres à 60°C	
Villa familiale	standard simple	par personne et par jour	35
Appartement	standard moyen	par personne et par jour	40
Bureaux	en absence de besoins particuliers (douche, restaurant, ...)	par personne et par jour	2 à 6
École	– chambre d'internat	par lit et par jour	30 à 40
	– repas, hors lave-v.	par repas	3 à 5
	– repas, avec lave-v.	par repas	9 à 10

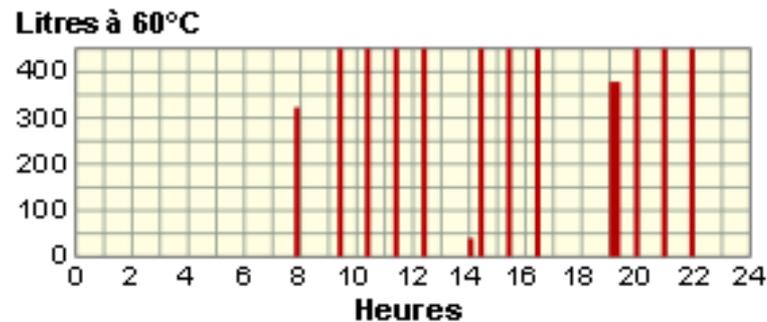
Source / Bron : Energie +, sur base d'une campagne de mesures menée par l'EDF en 1985 + campagne de mesure suisse



POUR L'EAU CHAUDE SANITAIRE

Les besoins en énergie pour l'eau chaude sanitaire dépendent:

- ▶ Du nombre d'occupants
- ▶ Du type d'affectation du bâtiment
 - Nombre et types de points de puisage
 - Fréquence d'utilisation des équipements sanitaires
- ▶ De la simultanéité (ou non) des puisages



Profil de puisage - école

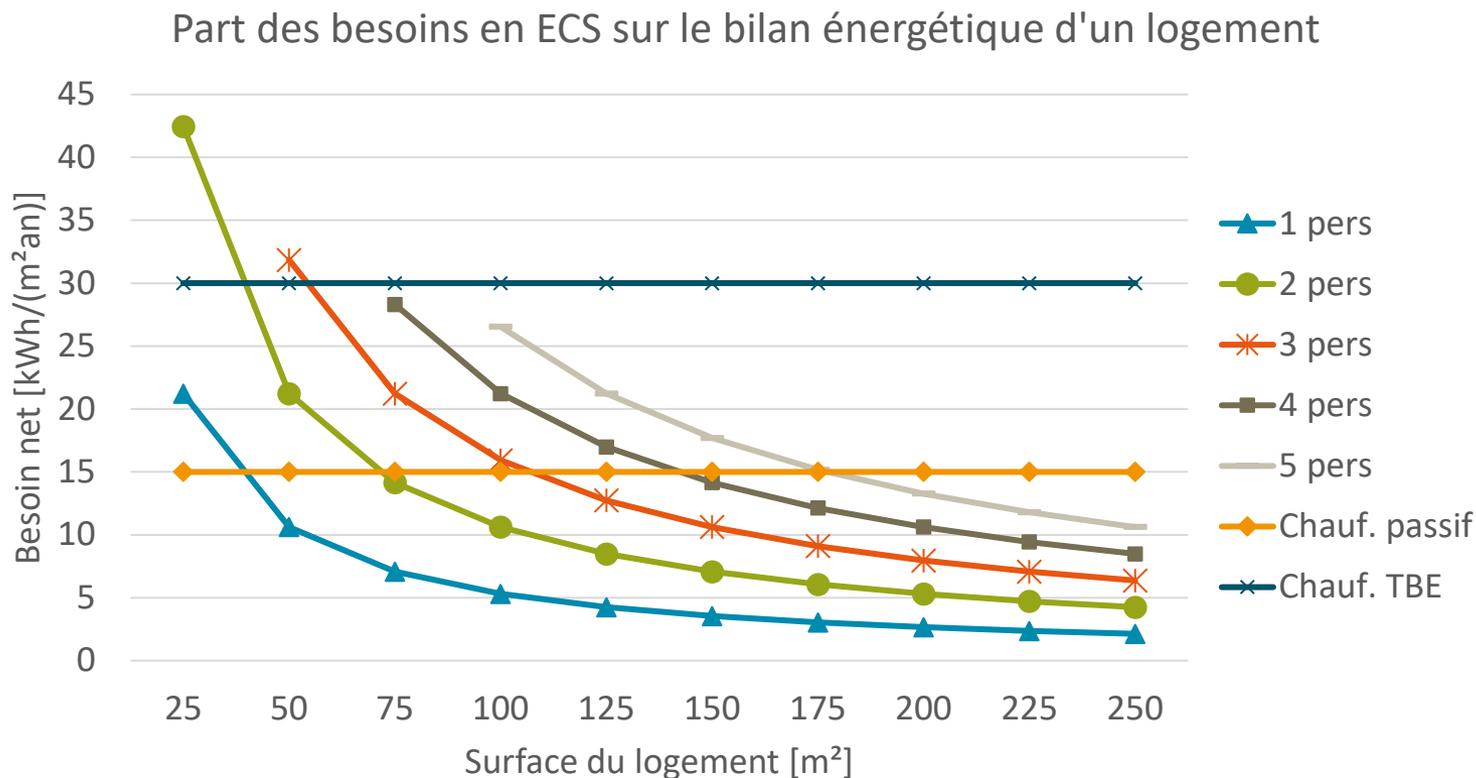
Source / Bron : énergie +



POUR L'EAU CHAUDE SANITAIRE



Plus la surface du logement et les besoins de chauffage sont faibles, plus le poids de l'ECS est important dans le bilan



BESOINS EN ÉNERGIE

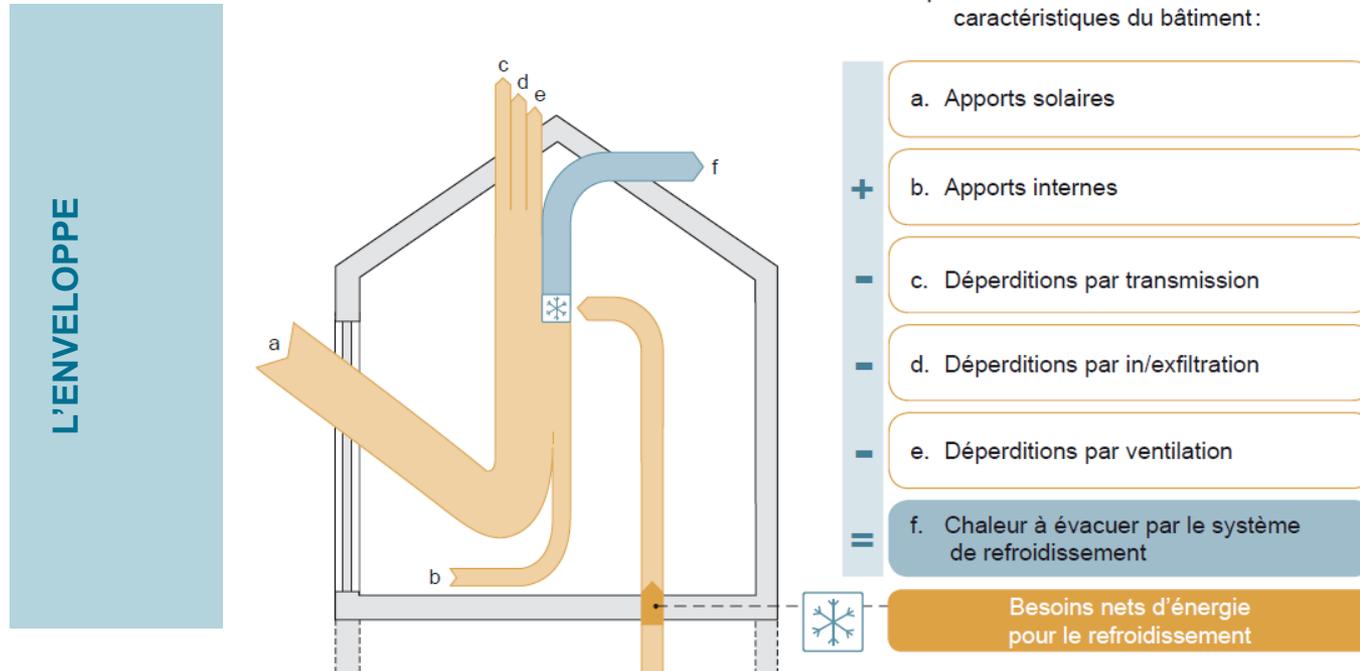
- ▶ Pour le chauffage
- ▶ Pour l'eau chaude sanitaire
- ▶ **Pour le refroidissement**
- ▶ Fixer un niveau d'ambition
- ▶ Besoin vs puissance

CONSOMMATION D'ÉNERGIE FINALE

- ▶ Définition
- ▶ Consommation vs besoin

CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE





Source / Bron : ULg CIFFUL



Réduction du besoin de refroidissement via:

- ▶ *Isolation des parois → réduction des pertes par transmission*
- ▶ *Attention sur l'étanchéité à l'air → réduction des pertes par ex/infiltration*
- ▶ *VMC double flux avec récupération de chaleur → réduction des pertes par ventilation*



BESOINS EN ÉNERGIE

- ▶ Pour le chauffage
- ▶ Pour l'eau chaude sanitaire
- ▶ Pour le refroidissement
- ▶ **Fixer un niveau d'ambition**
- ▶ Besoin vs puissance

CONSOMMATION D'ÉNERGIE FINALE

- ▶ Définition
- ▶ Consommation vs besoin

CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE



Bâtiment basse énergie

Critères	Unité	Type de bâtiment	
		Logement	Tertiaire
Besoins nets en énergie de chauffage	kWh/m ² .an	60	45
Besoins nets en énergie de refroidissement	kWh/m ² .an	-	-
Test d'étanchéité à l'air (n_{50})	[vol/h]	-	-
Probabilité du risque de surchauffe (>25°C)	%	-	-
Critère en énergie primaire (E_p)	kWh/m ² .an	150	-

Source / Bron: Extrait du VADE-MECUM 2013



Bâtiment très basse énergie

Critères	Unité	Type de bâtiment	
		Logement	Tertiaire
Besoins nets en énergie de chauffage	kWh/m ² .an	30	30
Besoins nets en énergie de refroidissement	kWh/m ² .an	-	-
Test d'étanchéité à l'air (n_{50})	[vol/h]	-	-
Probabilité du risque de surchauffe (>25°C)	%	-	-
Critère en énergie primaire (E_p)	kWh/m ² .an	95	-

Source / Bron: Extrait du VADE-MECUM 2013



FIXER UN NIVEAU D'AMBITION

Bâtiment passif (certification PMP)

LABELS	BNE [kWh/ m ² .an]	Étanchéité [vol/h]	Surchauffe [%]	Consommation d'EPR ¹ [kWh/m ² _{SRE} .an]	Production d'EPR ² [kWh/m ² _{sol} .an]
				≤ 60	-
	≤ 15	≤ 0,6	≤ 5	≤ 45	≥ 60
				≤ 30	≥ 120
	≤ 25	≤ 1	≤ 5	≤ 80	-

1. Énergie domestique incluse

2. Le critère de la consommation d'EPR par m² se réfère à la surface de référence énergétique du projet concerné, tandis que le critère de production d'EPR par m² s'exprime par rapport à son emprise au sol.

Pour plus de détails sur les méthodes d'évaluation de ces critères: rendez-vous sur www.maisonpassive.be

Source / Bron: PMP

- Tertiaire: Minimum label « Passif Plus » + exigences sur Besoins nets en énergie de refroidissement ≤ 15 kWh/m².an



BESOINS EN ÉNERGIE

- ▶ Pour le chauffage
- ▶ Pour l'eau chaude sanitaire
- ▶ Pour le refroidissement
- ▶ Fixer un niveau d'ambition
- ▶ **Besoin vs puissance**

CONSOMMATION D'ÉNERGIE FINALE

- ▶ Définitions
- ▶ Du besoin à la consommation

CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE



Définitions

- ▶ Energie fournie pour couvrir les besoins [kWh]
= puissance [kW] x temps [h]

$$\frac{60\text{W} \times 1\text{h}}{1\,000} = 0,06\text{ kWh}$$

$$0,06\text{ kWh} \times 8\text{ h par jour} \times 30\text{ j par mois} = 14,4\text{ kWh par mois}$$

Source / Bron: HydroQuébec



Puissance nécessaire au chauffage d'un bâtiment

▮ NBN
B62-003
└ ┘

- ▶ Déterminée sur base de calcul de déperditions normalisés:
NBN B62-003 & NBN EN 12831

▮ NBN
EN-12831
└ ┘

- ▶ Pour le jour le plus froid
- ▶ Dépend de plusieurs facteurs
 - Déperditions thermiques du bâtiment: pertes par transmission / infiltration / ventilation
 - Surpuissance de relance du chauffage
 - Localisation du projet
→ conditions climatiques normalisées
- ▶ Apports internes et solaires non pris en compte



Ordres de grandeur

- ▶ Ancien bâtiment (non isolé, non étanche à l'air...): de 100 à 150 W/m²
- ▶ Bâtiment TBE: de 20 à 40 W/m²
- ▶ Bâtiment Passif : de 10 à 30 W/m²



BESOINS EN ÉNERGIE

- ▶ Pour le chauffage
- ▶ Pour l'eau chaude sanitaire
- ▶ Pour le refroidissement
- ▶ Fixer un niveau d'ambition
- ▶ Besoin vs puissance

CONSOMMATION D'ÉNERGIE FINALE

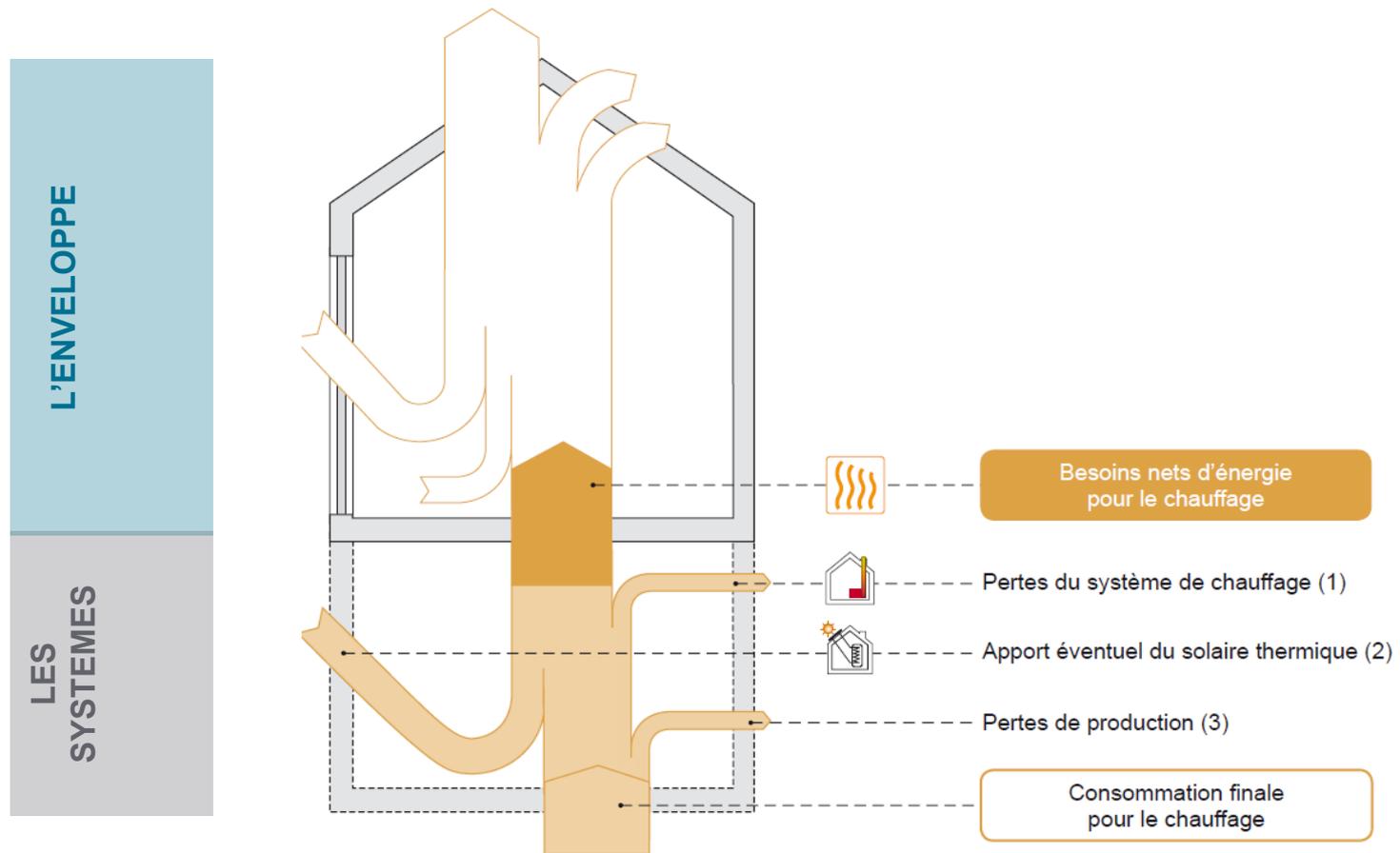
- ▶ **Définitions**
- ▶ Du besoin à la consommation

CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE



Consommation

- ▶ Quantité d'énergie qu'il faut apporter à l'installation de chauffage pour que celle-ci couvre les besoins nets d'énergie du secteur énergétique

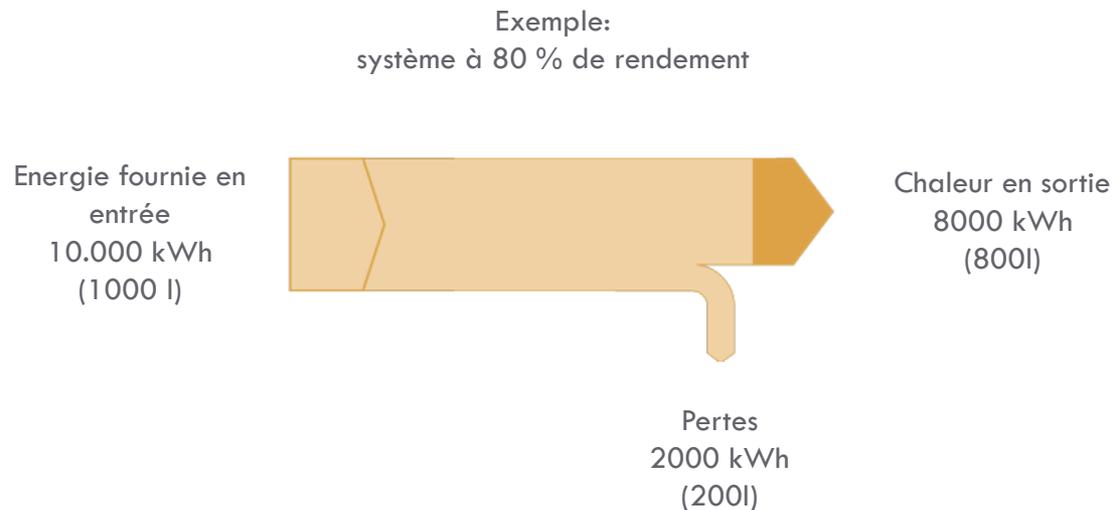


Consommation [kWh]

- ▶ = (Puissance [kW] x temps [h]) / rendement

Rendement [%]

- ▶ Rapport de l'énergie ou d'une autre grandeur fournie par une machine à l'énergie ou à la grandeur correspondante consommée par cette machine



BESOINS EN ÉNERGIE

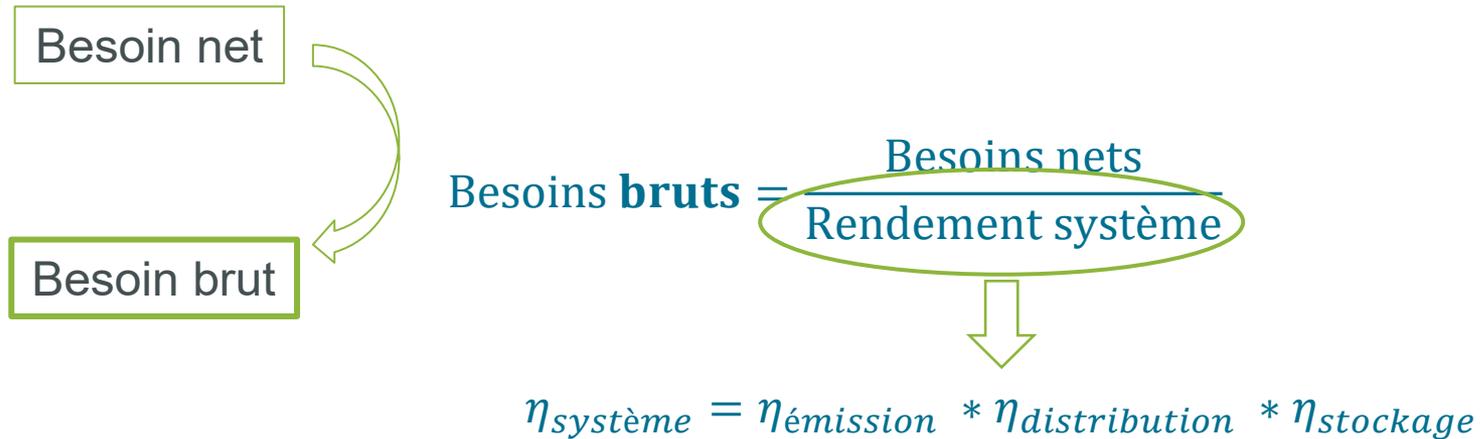
- ▶ Pour le chauffage
- ▶ Pour l'eau chaude sanitaire
- ▶ Pour le refroidissement
- ▶ Fixer un niveau d'ambition
- ▶ Besoin vs puissance

CONSOMMATION D'ÉNERGIE FINALE

- ▶ Définitions
- ▶ **Du besoin à la consommation**

CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE



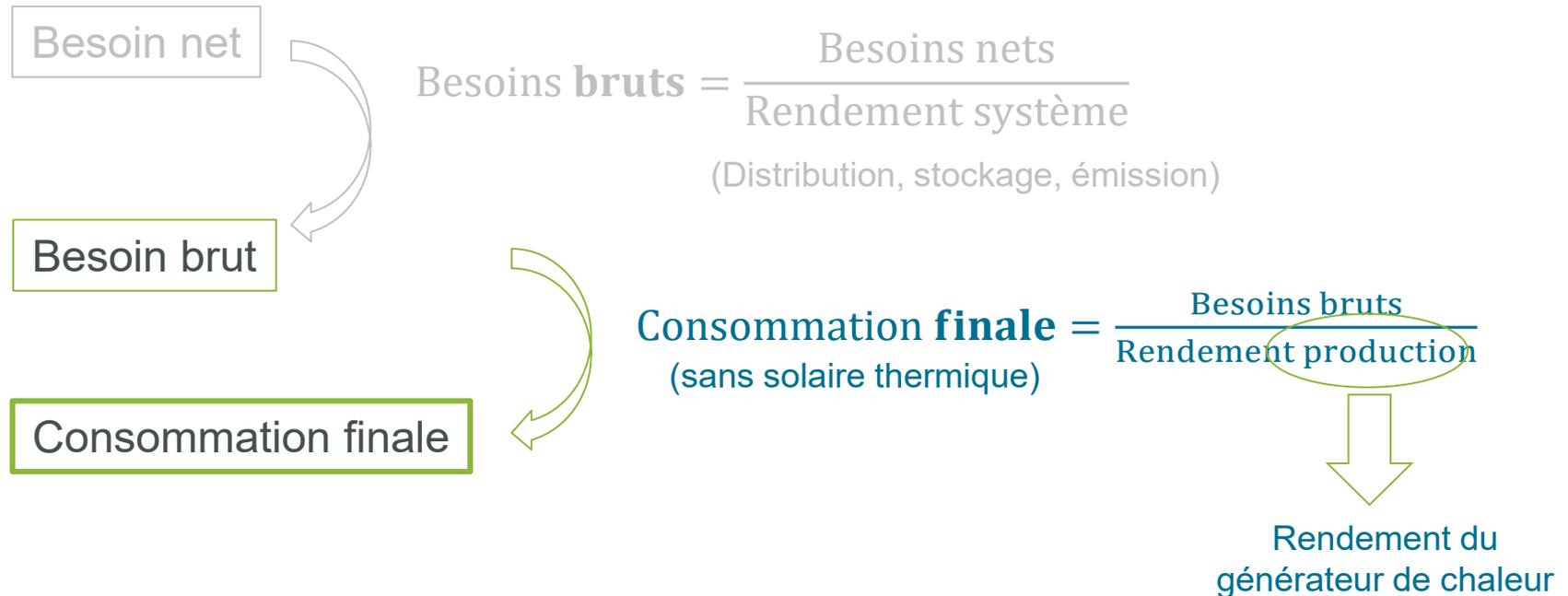


Rendement du système de chauffage – facteurs d'influence

- ▶ Type de régulation
- ▶ Type de corps de chauffe et leur localisation (devant mur isolé >< vitrage)
- ▶ Longueur, diamètre et localisation des conduites (VP / EANC / Hors VP)
- ▶ Température de l'eau de chauffage
- ▶ Qualité de l'isolation des conduites
- ▶ Stockage (présent/absent, localisation, qualité d'isolation, t° d'eau)



DU BESOIN À LA CONSOMMATION



Rendement de production

- ▶ Lié aux pertes dues à la transformation du combustible en chaleur (pertes via la fumée de combustion...)
- ▶ Fonction du type d'appareil
 - Chaudière : rendement pour une charge partielle de 30 % = image réaliste du rendement global annuel
 - Pompe à chaleur : COP





Equivalences entre vecteurs énergétiques (PCI)

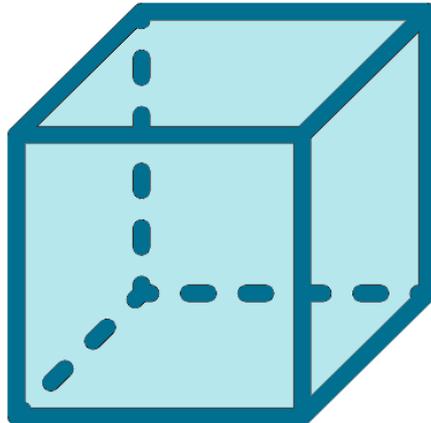
Mazout



1 l

≈

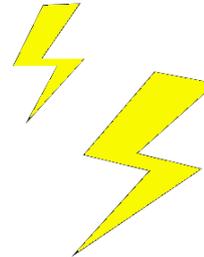
Gaz



1 m³

≈

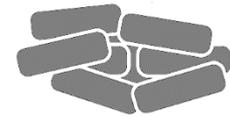
Electricité



10 kWh

≈

Pellets



2 kg



PCI/PCS

- ▶ Pouvoir calorifique **inférieur** (PCI) 
 - Energie récupérée par la combustion = quantité de chaleur libérée lors de la combustion complète
 - L'eau formée est évacuée sous forme de vapeur avec les fumées dans l'atmosphère

- ▶ Pouvoir calorifique **supérieur** (PCS)  + 
 - Energie récupérée par la combustion + récupération des calories contenues dans la condensation de la vapeur d'eau contenue dans les fumées (= chaleur latente)

⇒ **Principe de la chaudière à condensation**



Rendement de production

- ▶ Rapport entre la quantité de chaleur réellement transmise à l'eau de chauffage et l'énergie injectée dans le système de production
- ▶ Appareils à combustion: η [%]

⇒ **Chaudières condensation: $\eta_{PCI} > 100\%$**

Quantité de condensats maxi. selon DIN 251	l/h	2,3	2,5	3,5	4,6
Diamètre intérieur de la conduite allant à la soupape de sécurité	DN	15	15	15	15
Evacuation des condensats (manchon flexi- ble)	Ø mm	20-24	20-24	20-24	20-24
Raccordement d'évacuation des fumées	Ø mm	60	60	60	60
Arrivée d'air	Ø mm	100	100	100	100
Rendement global annuel pour $T_D/T_R = 40/30$ °C	%	jusqu'à 98 (H _s)/109 (H _i)			
Classe d'efficacité énergétique		A	A	A	A

Extrait d'une fiche technique de chaudière condensation au gaz

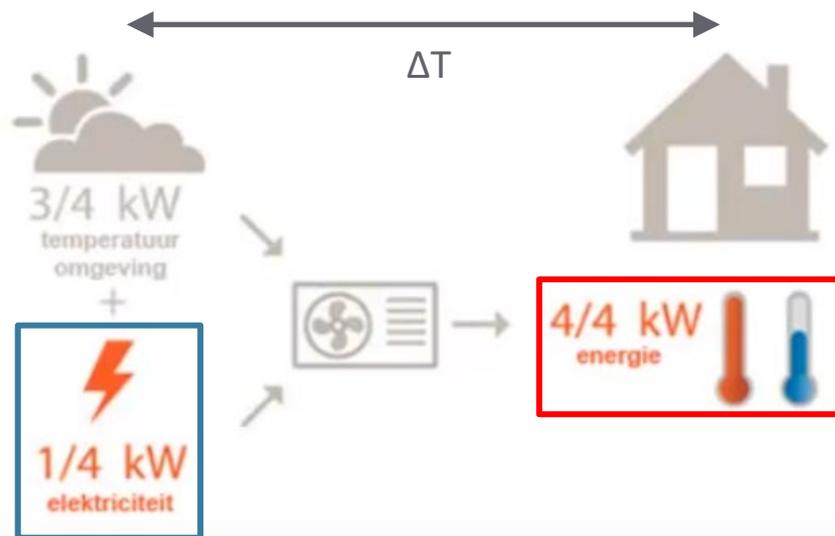
Source / Bron: Viessmann



Rendement de production

- Pompe à chaleur: COP

$$\text{COP} = \frac{\text{Chaleur produite par la PAC}}{\text{Electricité consommée pour le fonctionnement de la PAC}}$$



Source / Bron: Daikin



- Si $\Delta T \searrow$ COP \nearrow





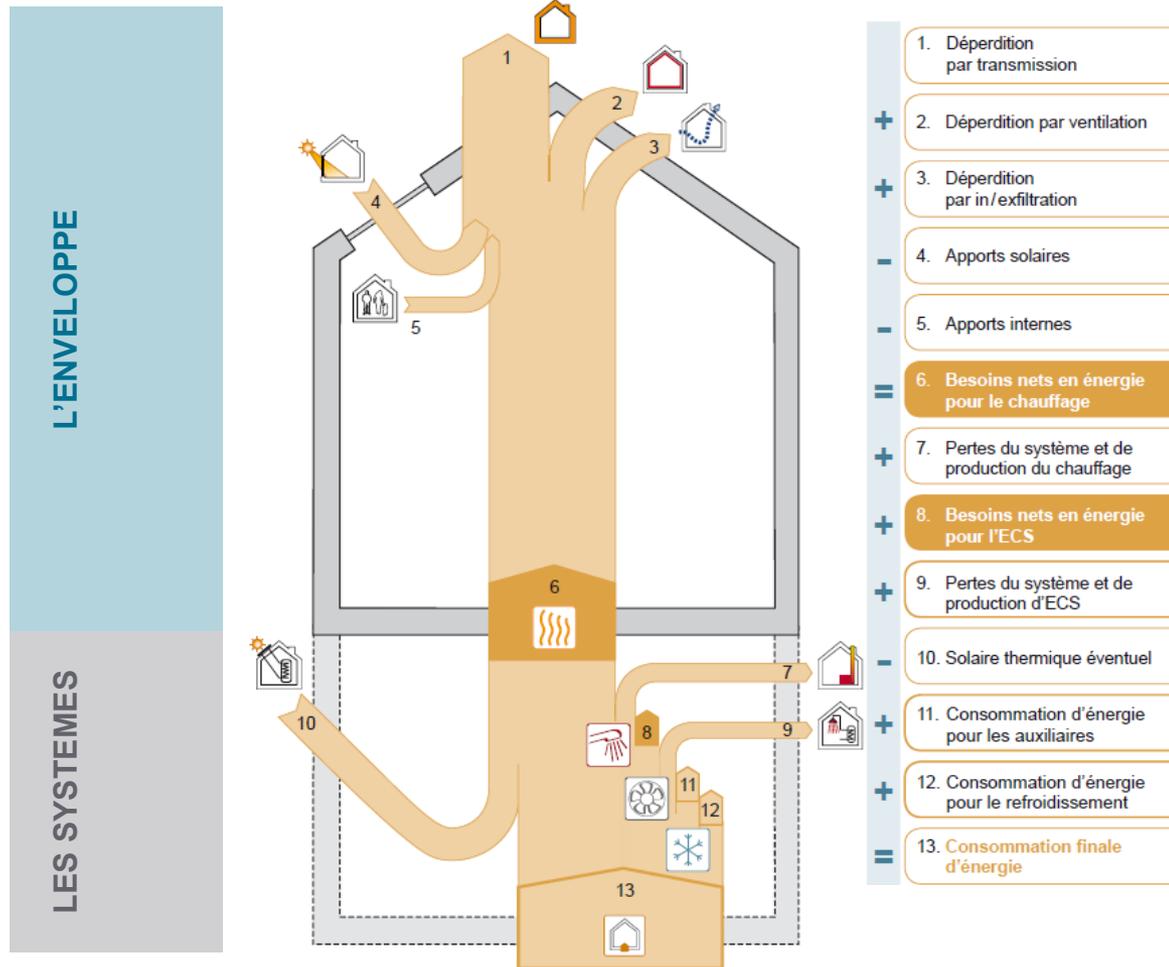
Rendement global installation de chauffage

- Ordres de grandeur (production centralisée)

Type d'installation	Rendement en % $\eta_{\text{global}} = \eta_{\text{production}} \times \eta_{\text{distribution}} \times \eta_{\text{émission}} \times \eta_{\text{régulation}}$
Ancienne chaudière surdimensionnée, longue boucle de distribution	46 .. 58 %
Ancienne chaudière bien dimensionnée, courte boucle de distribution	62 .. 69 %
Chaudière haut rendement, courte boucle de distribution, radiateurs isolés au dos, régulation par sonde extérieure, vannes thermostatiques, ...	77 .. 85 %



DU BESOIN À LA CONSOMMATION



Source / Bron : ULg CIFFUL



BESOINS EN ÉNERGIE

- ▶ Pour le chauffage
- ▶ Pour l'eau chaude sanitaire
- ▶ Pour le refroidissement
- ▶ Fixer un niveau d'ambition
- ▶ Besoin vs puissance

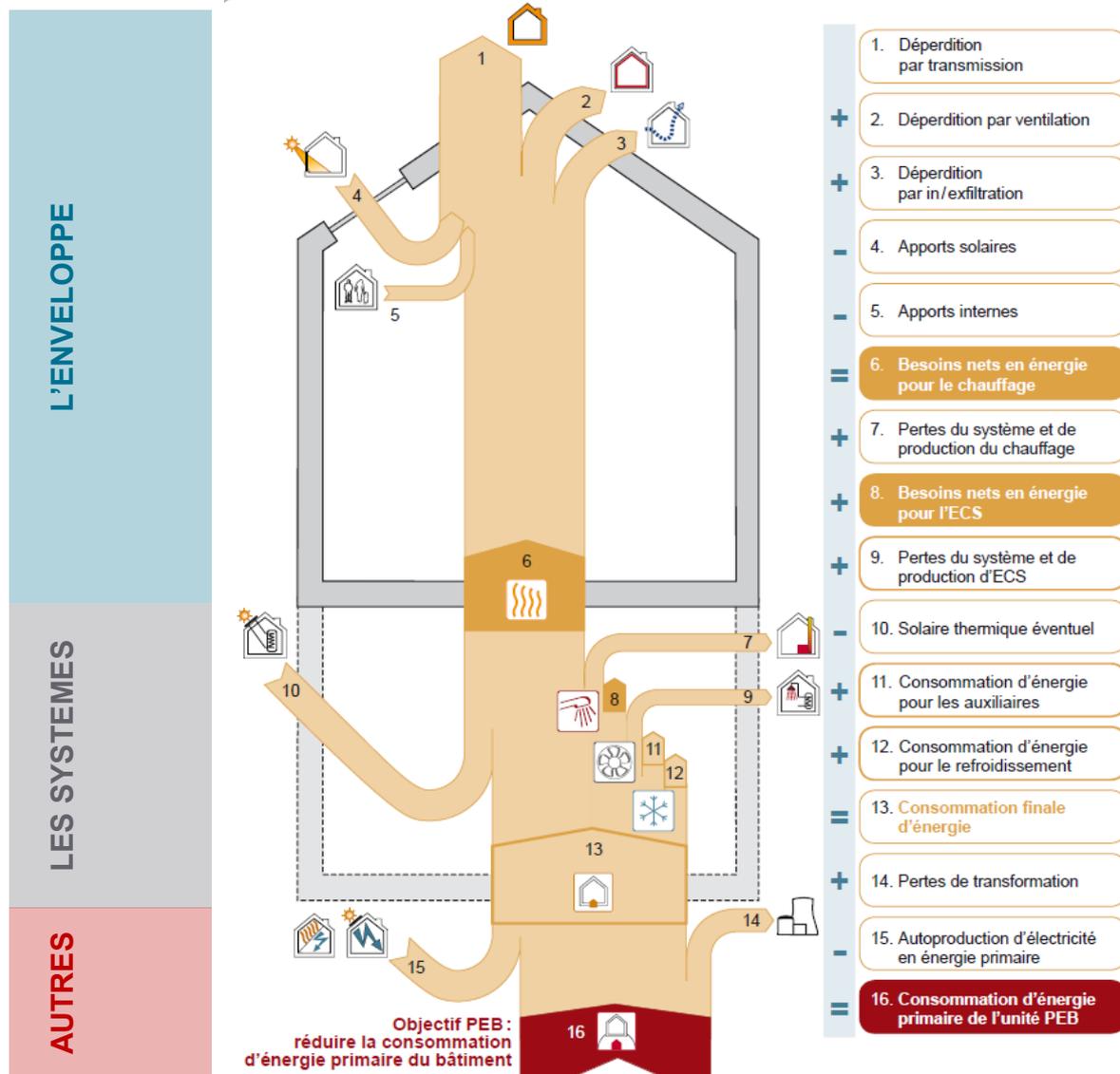
CONSOMMATION D'ÉNERGIE FINALE

- ▶ Définitions
- ▶ Du besoin à la consommation

CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE



CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE



- 1. Déperdition par transmission
- + 2. Déperdition par ventilation
- + 3. Déperdition par in/exfiltration
- 4. Apports solaires
- 5. Apports internes
- = 6. Besoins nets en énergie pour le chauffage
- + 7. Pertes du système et de production du chauffage
- + 8. Besoins nets en énergie pour l'ECS
- + 9. Pertes du système et de production d'ECS
- 10. Solaire thermique éventuel
- + 11. Consommation d'énergie pour les auxiliaires
- + 12. Consommation d'énergie pour le refroidissement
- = 13. Consommation finale d'énergie
- + 14. Pertes de transformation
- 15. Autoproduction d'électricité en énergie primaire
- = 16. Consommation d'énergie primaire de l'unité PEB

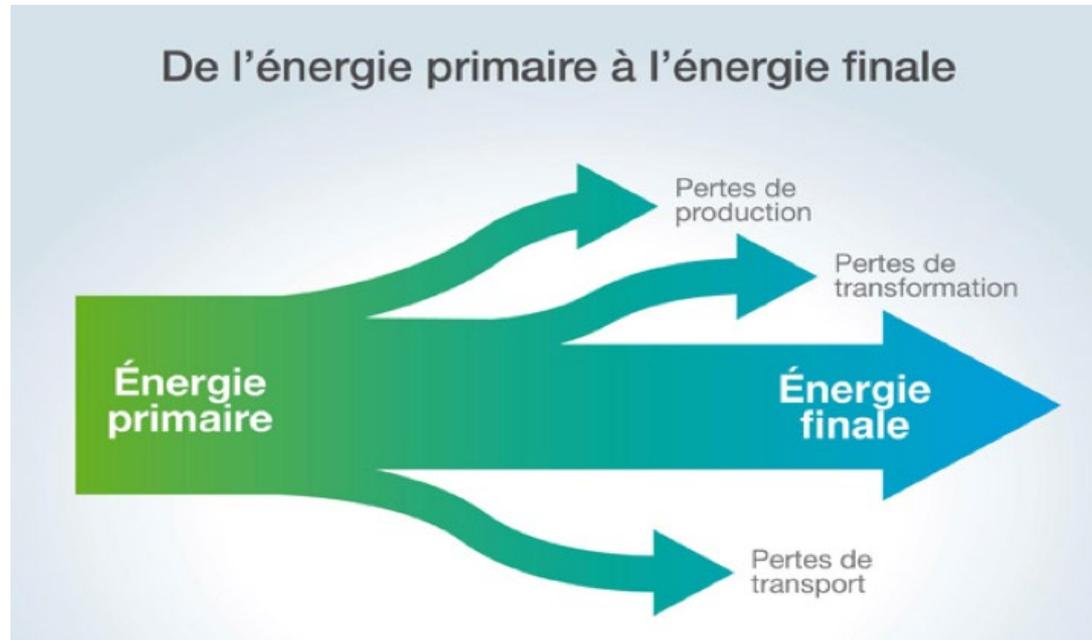
Source / Bron : ULg CIFFUL



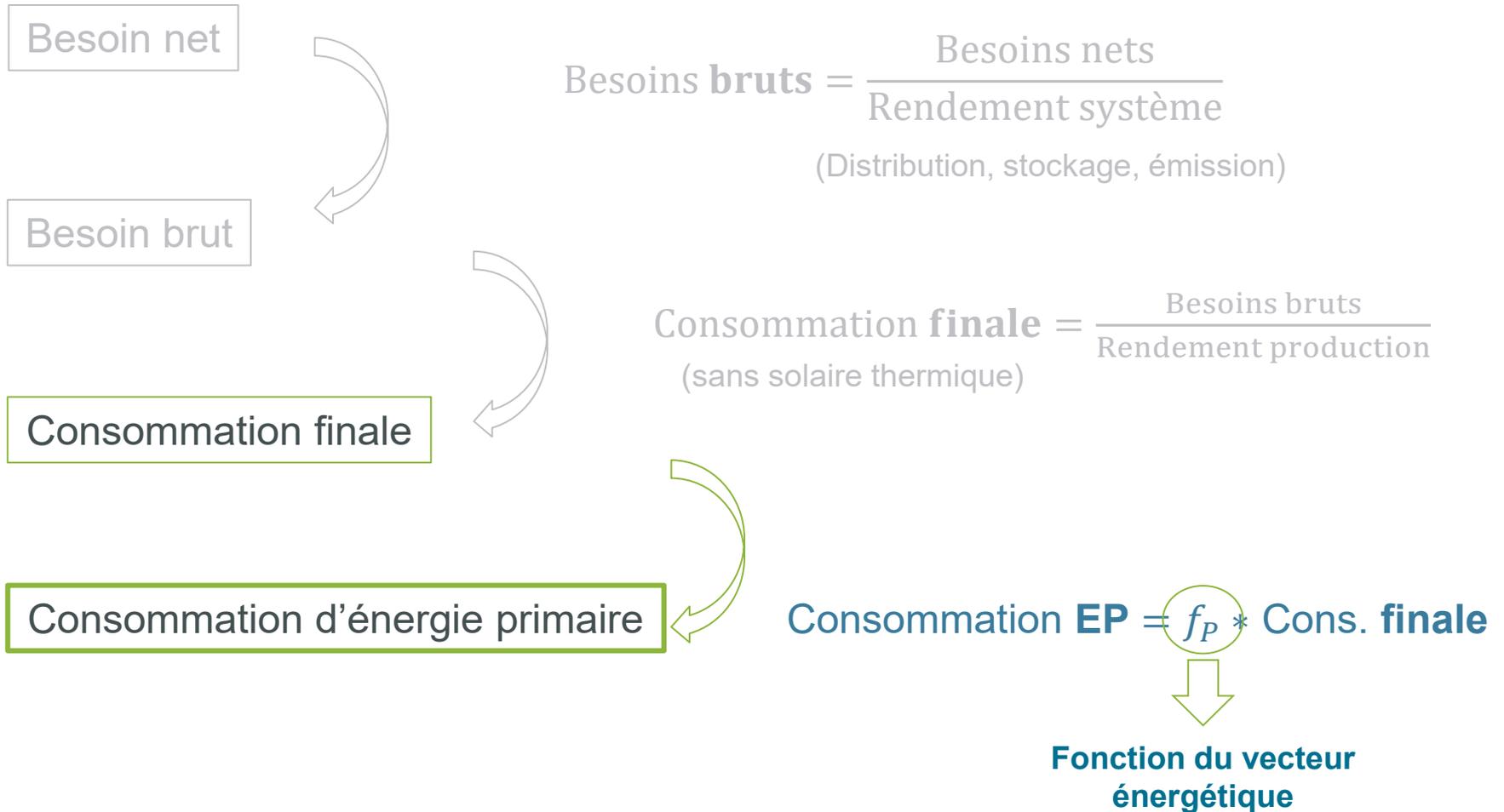
CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE

Définition

- *L'énergie primaire est l'énergie directement prélevée à la planète (pétrole, gaz, uranium...), qui après transformation, permet d'obtenir une énergie utilisable dans le bâtiment (mazout, gaz, électricité...)*



CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE



CONSOMMATION D'ÉNERGIE PRIMAIRE

Facteur EP – f_p ($\text{kWh}_{\text{EP}}/\text{kWh}_{\text{finPCS}}$)

- ▶ Fonction du type de vecteur énergétique
- ▶ Sur base du pouvoir calorifique supérieur (PCS)



Vecteur énergétique	Facteur EP f_p [$\text{kWh}_{\text{EP}}/\text{kWh}_{\text{finPCS}}$]
Gaz naturel	1
Mazout	1
Electricité	2,5
Biomasse	1

Source / Bron : facteurs de conversion de la réglementation PEB à Bruxelles

- ▶ Facteurs liés au rendement mode de production dans la région/le pays concerné → Changer de valeur de conversion change le propos!





- ▶ En résumé:
 - Besoins: Demande d'énergie pour maintenir le confort
 - Consommation en énergie finale: énergie fournie aux systèmes = ce que l'on paie
 - Consommation en énergie primaire: énergie directement prélevée à la planète.
- ▶ Puissance [kW] \neq Energie [kWh]





Guide bâtiment durable

www.guidebatimentdurable.brussels

- ▶ [Dossier | Garantir l'efficacité des installations de chauffage et ECS \(distribution et émission\)](#)
- ▶ [Dossier | Optimiser la production et le stockage pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire](#)



Sites internet

- ▶ [Energie+ | Besoin net en énergie](#)
- ▶ [Energie+ | Consommation en énergie primaire](#)



Julie RENAUX

Ingénieur projet

écorce sa

 + 32 4 226 91 60

 info@ecorce.be



MERCI POUR VOTRE ATTENTION

