FORMATION BÂTIMENT DURABLE

POMPE À CHALEUR : CONCEPTION

PRINTEMPS 2020

Intégration d'une pompe à chaleur dans un projet PEB

Danielle MAKAIRE
écorce

bruxelles environnement leefmilieu brussel .brussels

OBJECTIFS DE LA PRÉSENTATION



- Comprendre les différents paramètres intervenants dans le bilan énergétique pour les systèmes intégrant une PAC (pour le chauffage et/ou l'ECS) et où ces paramètres sont encodés dans le Logiciel PEB
- Optimiser l'installation afin de minimiser son impact sur le CEP

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION

CHAUFFAGE

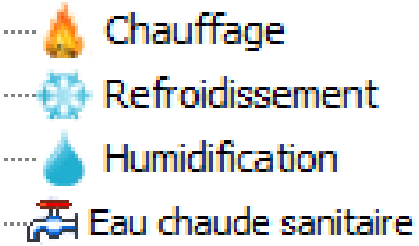
ECS

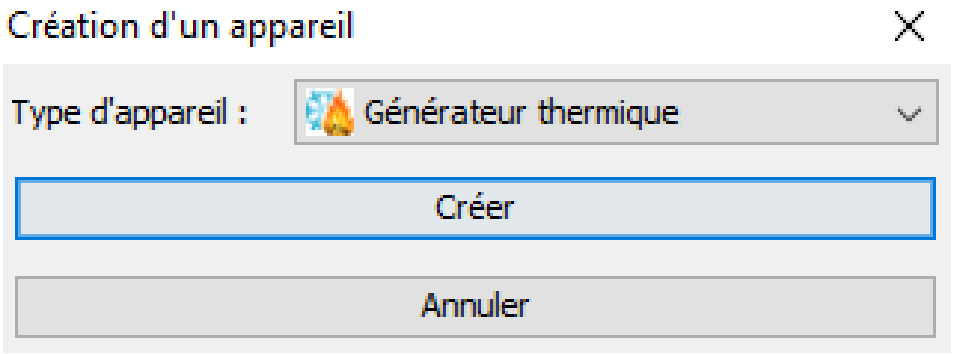
CASE STUDY

4 PAC DANS LE PEB

La pompe à chaleur est un générateur thermique qui peut servir 4 postes :

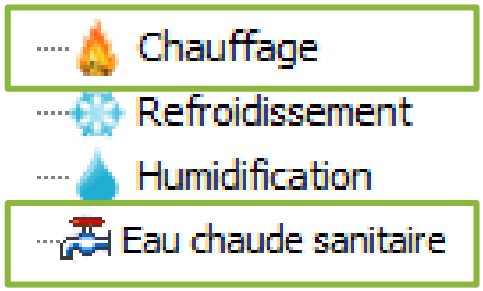






5 PAC DANS LE PEB

La pompe à chaleur est un générateur thermique qui peut servir 4 postes :



Focus sur le résidentiel dans cette présentation

- Chauffage
  - Bilan énergétique
  - Système (émetteur, distribution, régulation)
  - Quel type de PAC ? Source de chaleur et fluide caloporteur
  - Ecodesign
  - Facteurs intervenant dans le rendement du générateur
- ECS
  - Bilan énergétique
  - Ecodesign
- Case study afin d'illustrer l'impact des différents paramètres

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION

CHAUFFAGE

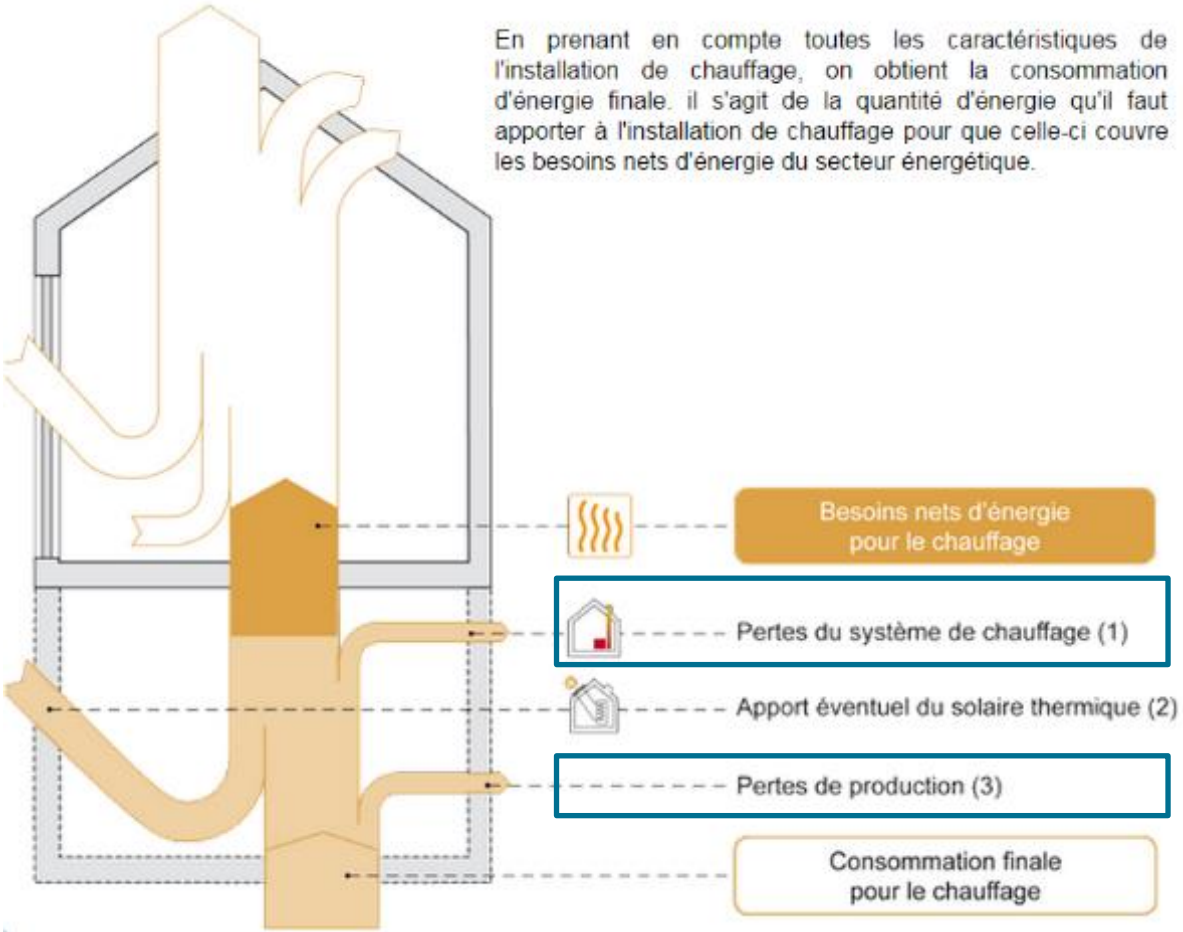
- Bilan énergétique
- Système de chauffage
- Types de PAC
- Ecodesign
- Rendement de production

ECS

CASE STUDY

7

BILAN ÉNERGÉTIQUE



Source / Bron : Le guide PEB - CIFFUL

$\eta_{système} = \eta_{émission,régulation} * \eta_{distribution} * \eta_{stockage}$

$\eta_{générateur}$

pour une pompe à chaleur électrique ou gaz

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION

CHAUFFAGE

- Bilan énergétique
- Système de chauffage
- Types de PAC
- Ecodesign
- Rendement de production

ECS

CASE STUDY

SYSTÈME

- Stockage : valeurs fixes définies pour le rendement de stockage

fixe

Installation de chauffage	Rendement de stockage
Absent ou présent dans le volume protégé	100 %
A l'extérieur du volume protégé	97 %

- Distribution
  - Méthode simplifiée : valeurs par défaut en fonction de l'environnement dans lequel se trouvent les conduites

def

Installation de chauffage	Rendement de distribution
Toutes les conduites ou les gaines sont dans le volume protégé	100 %
Une partie des conduites ou des gaines sont à l'extérieur du volume protégé	95 %

  - Méthode détaillée

    seulement s'il y a des conduites en dehors du volume protégé

    non obligatoire

SYSTÈME

- Emission
  - Méthode simplifiée : des valeurs par défaut sont définies pour le rendement d'émission selon le type de régulation

def

Régulation de la température intérieure	Régulation de la température de départ de l'eau du circuit ou de l'air	
	Consigne constante	Consigne variable
Commande de la température par local	87 %	89 %
Autres	85 %	87 %

  - Méthode détaillée

    Secteur énergétique avec 1 seul système d'émission

    Si plusieurs systèmes d'émission (par exemple, chauffage par le sol au RDC et radiateurs à l'étage), créer autant de secteurs énergétiques que de type de système d'émission

  - « Pénalités » si des émetteurs sont situés devant un vitrage (-8% sur la valeur du rendement) ou en cas de chauffage collectif (η*0,95 si comptage individuel et η*0,85 si pas de comptage)

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION

CHAUFFAGE

- Bilan énergétique
- Système de chauffage
- Types de PAC
- Ecodesign
- Rendement de production

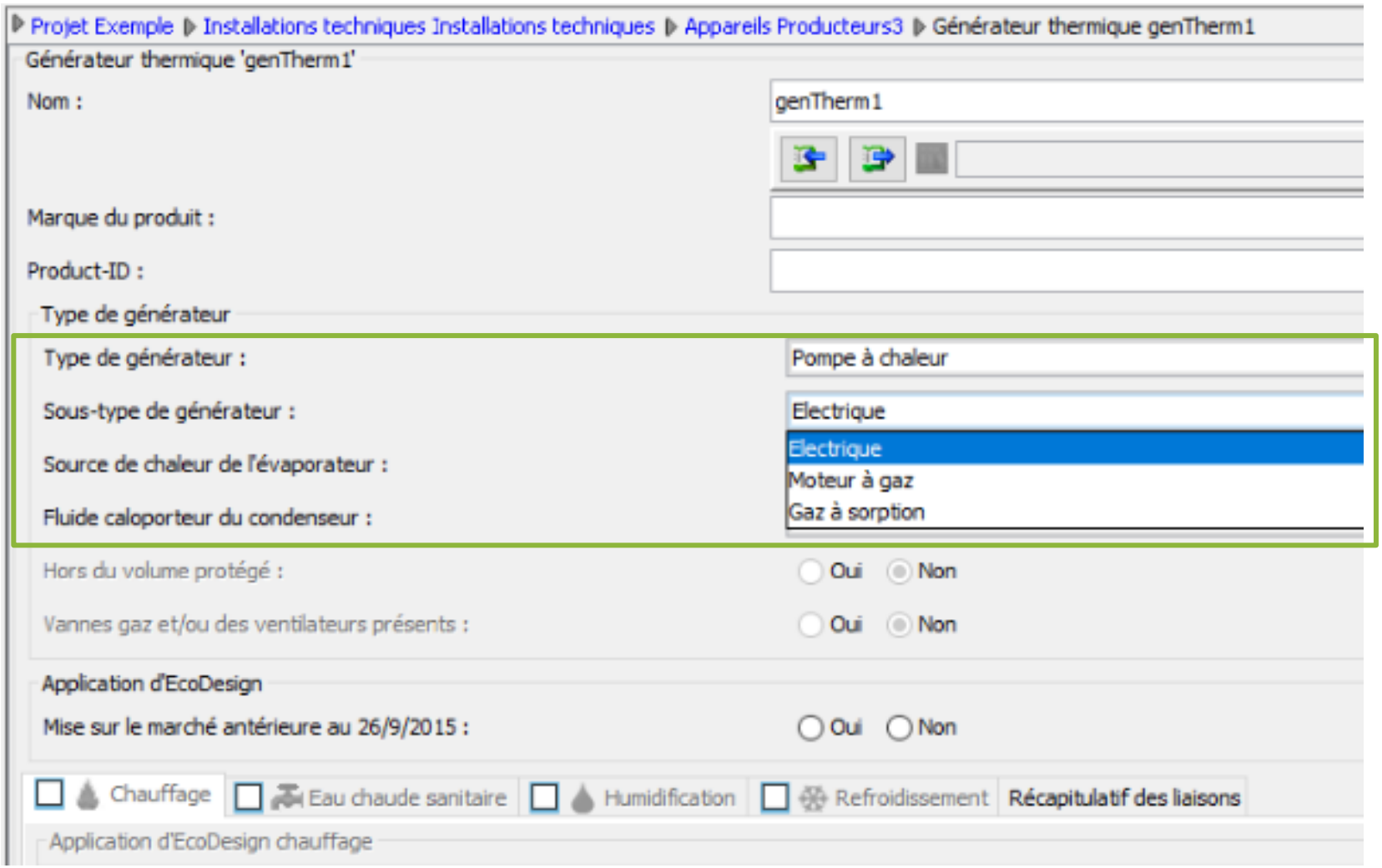
ECS

CASE STUDY

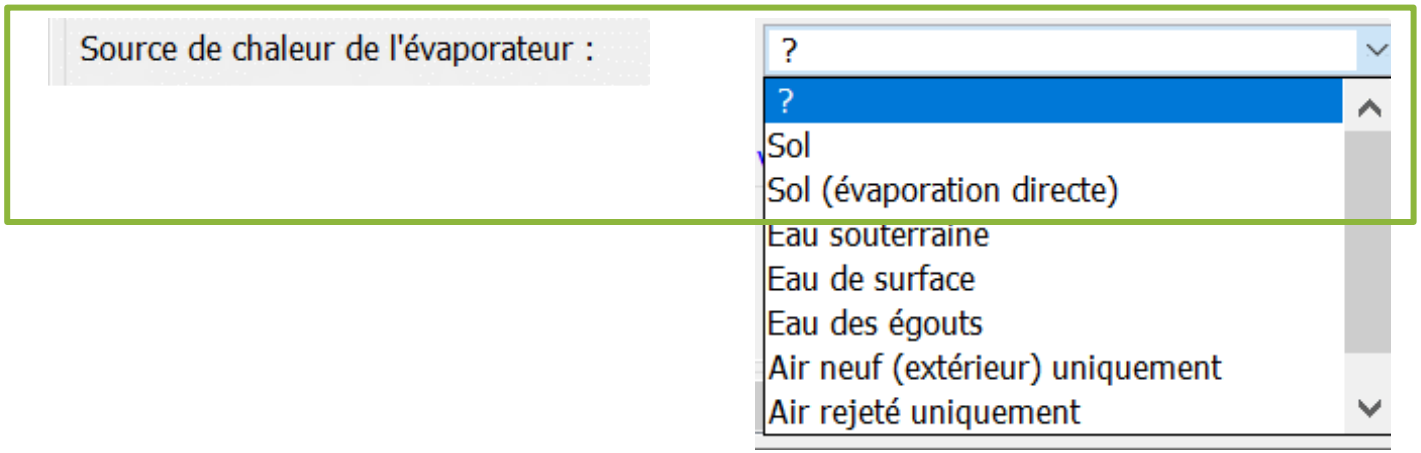
12

TYPES DE PAC

- Type de technologie :



TYPES DE PAC – *Source de chaleur*

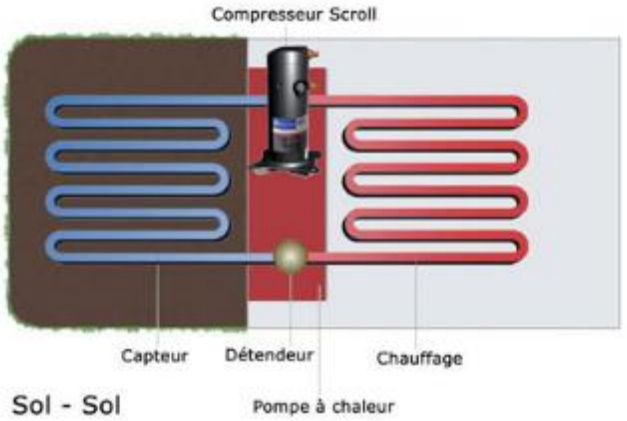


Sol : L' eau glycolée circule dans l'échangeur horizontal dans le sol ou dans les sondes verticales, un échange intermédiaire est réalisé entre l'eau glycolée et le fluide frigorigène au sein de la PAC

≠

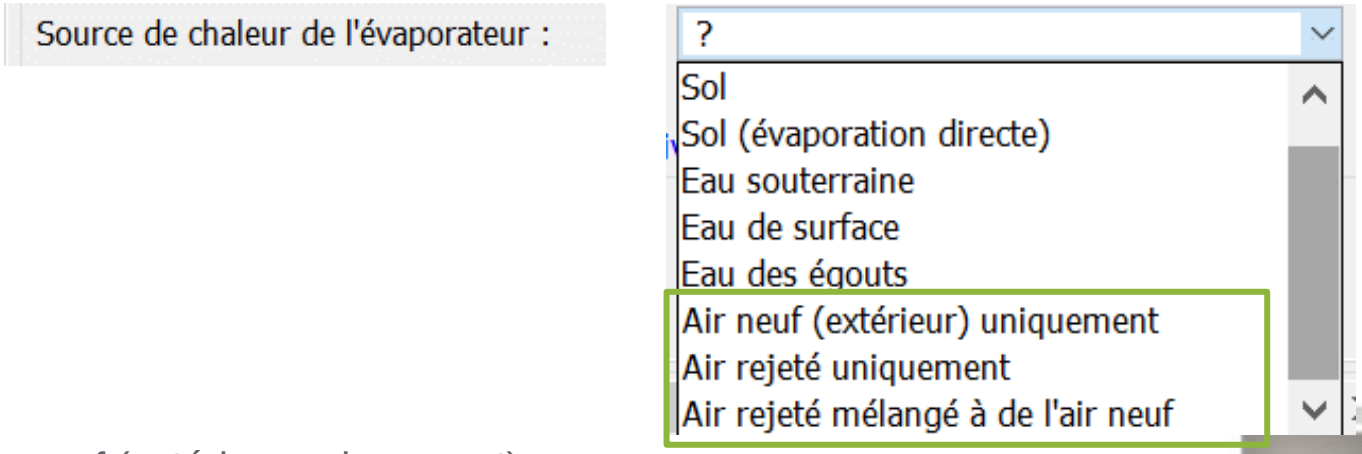
Sol (évaporation directe)

Le fluide frigorigène circule directement dans le capteur dans le sol (moins fréquent)



Source /Bron : Masser

TYPES DE PAC – *Source de chaleur*



- Air neuf (extérieur uniquement) :
  L'air extérieur est amené jusqu'à l'évaporateur à l'aide d'un ventilateur et y cède sa chaleur

- Air rejeté uniquement :
  L'air repris du système de ventilation est amené sur l'évaporateur et y cède sa chaleur

- Air rejeté mélangé à l'air neuf:
  L'air repris du système de ventilation, éventuellement en combinaison avec l'air extérieur est amené sur l'évaporateur et y cède sa chaleur

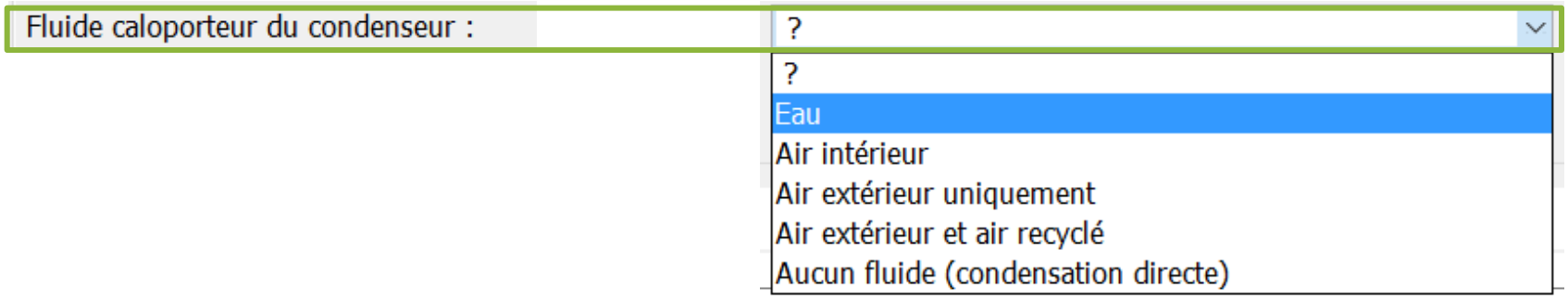


Source /Bron : Daikin



Source /Bron : Genvex

TYPES DE PAC – *Fluide caloporteur*



Eau





Source /Bron : Rehau

Air intérieur



Air extérieur



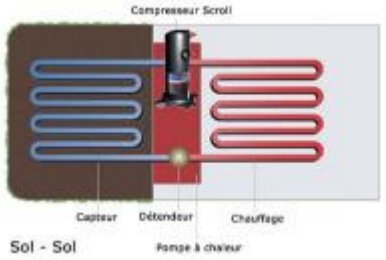
Source /Bron : Genvex

Air extérieur et air recyclé



Source /Bron : Jaga

Condensation directe



Source /Bron : Masser

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION

CHAUFFAGE

- Bilan énergétique
- Système de chauffage
- Types de PAC
- Ecodesign
- Rendement de production

ECS

CASE STUDY

ECODESIGN

A partir du 26/09/2015, les directives relatives à l'**écoconception** et à l'**étiquetage** énergétique sont entrées en vigueur pour les appareils de production de chaleur pour le chauffage et l'ECS (appareils de petite taille dont la puissance thermique nominale ≤ 400 kW non alimentés par de la biomasse).

Ces directives ont été complétées par des règlements délégués :

- 811/2013 (étiquetage) et 813/2013 (éco-conception) : chauffage par boucle d'eau, y compris les appareils mixtes produisant l'ECS
- 812/2013 (étiquetage) et 814/2013 (éco-conception) : chauffe-eaux et aux ballons d'eau chaude
- 206/2012 (éco-conception) : climatiseurs de moins de 12 kW (fluide caloporteur = air)

18 ECODESIGN

Le LPEB détermine, via des questions, si le générateur entre dans les critères pour utiliser les données Ecodesign



ECODESIGN

- Pour les PAC électriques :
  - Air/air,

    Source de chaleur air extérieur

    Générateur mis sur le marché après le 01/01/2013

    Puissance nominale (thermique) ≤ 12 kW

  - Sol/eau (pas condensation directe), air extérieur/eau ou eau/eau

    Générateur mis sur le marché après le 26/09/2015

    Puissance thermique nominale ≤ 400 kW

Focus sur ces cas pour la formation

- Pour les PAC à sorption,
  - Sol/eau (pas condensation directe), air extérieur/eau ou eau/eau

    Générateur mis sur le marché après le 26/09/2015

    Puissance thermique nominale ≤ 400 kW

- On n'utilise pas les données d'un règlement Eco-design pour les autres systèmes (par exemple PAC moteur gaz)

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION

CHAUFFAGE

- Bilan énergétique
- Système de chauffage
- Types de PAC
- Ecodesign
- Rendement de production

ECS

CASE STUDY

RENDEMENT DE PRODUCTION - Méthode simplifiée

- Méthode simplifiée : des **valeurs par défaut** sont définies pour le rendement des PAC

Type de PAC	Rendement du générateur
Air – Air	125 %
Autres	200%

RENDEMENT DE PRODUCTION - Méthode détaillée

$$\textbf{Eq. 333}\quad \eta_{gen,heat} = \frac{P_{nom} \cdot t_{on}}{\frac{P_{nom} \cdot t_{on}}{SCOP_{inst}} + P_{TO} \cdot t_{TO} + P_{CCH} \cdot t_{CCH} + P_{off} \cdot t_{off} + P_{SB} \cdot t_{SB}}$$

Coefficient de performance de la PAC en mode actif en tenant compte de l'installation

Consommations auxiliaires
En mode arrêt par thermostat (TO)
En mode résistance de carter active (CCH)
En mode arrêt
En mode veille

RENDEMENT DE PRODUCTION - Méthode détaillée

Le rendement tient compte de la consommation du compresseur mais également des auxiliaires

- P_{OFF} : Puissance absorbée par la PAC en mode arrêt
- P_{TO} : Puissance absorbée par la PAC lorsqu'elle est enclenchée et qu'il n'y a pas de demande de chaleur (mode arrêt par thermostat)
- P_{SB} : Puissance absorbée par la PAC en mode veille
- P_{CCH} : Puissance absorbée par la PAC lorsqu'elle est activée pour éviter la migration de réfrigérant vers le compresseur (mode résistance de carter active)

Puissance OFF :		kW
Puisssance TO :		kW
Puissance SB :		kW
Puissance CCH :		kW

Données fabricant sur les fiches ecodesign

RENDEMENT DE PRODUCTION - Méthode détaillée

- Consommations auxiliaires (P x durée)

La durée durant laquelle chaque mode est enclenché est fixée dans la méthode PEB

Tableau [38] : Durées t_{on}, t_{TO}, t_{CCH}, t_{off} et t_{SB}, en h, en fonction du type de pompe à chaleur

Type de pompe à chaleur Fluide caloporteur	Refroidissement actif (*) ?	t_{on} (h)	t_{TO} (h)	t_{CCH} (h)	t_{off} (h)	t_{SB} (h)
Eau	Non	2066	178	3850	3672	0
	Oui	2066	178	178	0	0
Air	Non	1400	179	3851	3672	0
	Oui	1400	179	179	0	0

(*)Non = pompe à chaleur qui n'est pas utilisée comme refroidissement actif (en mode réversible) / Oui = pompe à chaleur qui est utilisée comme refroidissement actif (en mode réversible)

RENDEMENT DE PRODUCTION - Méthode détaillée

Mode actif → $SCOP_{inst}$

Eq. 334 $$SCOP_{inst} = f_{\theta,em} \cdot f_{\theta,source} \cdot f_{\Delta\theta} \cdot f_{pumps} \cdot f_{AHU} \cdot f_{dim,gen,heat} \cdot SCOP_{on}$$

Facteurs de correction pour tenir compte des différences entre les valeurs de conception et les conditions auxquelles le SCOPon a été déterminé

Facteur pour tenir compte du dimensionnement = 1

- Soit le $SCOP_{ON}$ est communiqué directement par le fabricant ;
- Soit le $SCOP_{ON}$ est recalculé de façon dans le LPEB

RENDEMENT DE PRODUCTION - Méthode détaillée

Exemple

Unités			
Code Combi:			
Unité extérieure:	ERGA06DV	Unité intérieure 1:	EHVH08S23D6V
Chaudière:		Unité intérieure 2:	
Conditions de mesure			
Norme:	Demande de construction pour 2018 EN14511	Application de bâtiment à partir de 2018 Ecodesign lot 1&2	
Température extérieure Chauffage:	2°CDB/1,1°CWB		
Température extérieure Rafraîchissement:	35°C	Climat moyen (température de conception -10 ° C)	
Température de sortie d'eau: chauffage:	35°C		
Température de sortie d'eau: refroidissement:	7°C		

En Belgique, conditions climatiques moyennes

27 RENDEMENT DE PRODUCTION - Méthode détaillée

Exemple

Résultats	CC		
Type d'unité:	Air/eau	Pompe de circulation:	Marche humide
Rafraîchissement/Chauffer:	Chauffage seul	Pompe à énergie:	52
Blocage de la fonction rafraîchissement possible ?:	Non	*E.E.I:	
COP***:	3,75	SEER:	0,00
$SCOP_{on}$ 35°C:	4,52	$SCOP_{on}$ 55°C:	3,27
η_{sh} 35°C:	176,00	η_{sh} 55°C:	127,00
P_{rated} 35°C:	7,00	P_{rated} 55°C:	7,00
EER **:	0,00	Résistance électrique au point (support chauffage):	6,00
P_{ck} kW:	0,0000	P_{off} kW:	0,0100
P_{sb} kW:	0,0100	P_{to} kW:	0,0100
Puissance calorifique pompe à chaleur 2°CDB kW:	4,00	Différence de température entre le départ et le retour:	5°C
Puissance frigorifique pompe à chaleur kW:	0,00	Augmentation de la température du condenseur (35 °C):	5°C
Source de chaleur:	Uniquement l'air extérieur	Augmentation de la température du condenseur (55 °C):	8°C
Medium de transfert:	Eau	Condenseur d'augmentation de température pour 2018:	5°C

28

RENDEMENT DE PRODUCTION - Méthode détaillée

Exemple

Chauffage | Eau chaude sanitaire | Humidification | Refroidissement | Récapitulatif des liaisons

Application d'EcoDesign chauffage

Puissance nominale > 400 kW : ○ Oui ◉ Non

ℹ Pour les générateurs de ce type, la Réglementation PEB utilise les données venant du Règlement Ecodesign n°813/2013.

Puissance (nominale ou thermique) :	7,00	kW
Valeur par défaut pour le rendement :	○ Oui ◉ Non	
Puissance OFF :	0,01	kW
Puisssance TO :	0,01	kW
Puissance SB :	0,01	kW
Puissance CCH :	0,00	kW
La PAC est utilisée comme refroidissement actif :	○ Oui ◉ Non	
Température à laquelle est déterminé le $SCOP_{on}$ ou $SGUE_h$	55°C (si PAC non déclarée basse t°)	
Encodage du $SCOP_{on}$	Calcul simplifié $SCOP_{on}$	
ηS 55°C :	127,00	%

Facteur de correction sur l'augmentation de température à travers le condenseur

Conditions test connue : ◉ Oui ○ Non

Augmentation de la T° à travers le condenseur : 8,00 °C

RENDEMENT DE PRODUCTION

- La PAC n'est pas souvent dimensionnée à -10 °C extérieur car implique un surdimensionnement de la PAC
  - →Résistance électrique en appoint ou autre générateur
  - →Si autre générateur, il faut encoder un générateur préférentiel et un générateur non préférentiel
  - →Si l'appoint est une résistance électrique, celle-ci est déjà présente dans la détermination du SCOPon pour le chauffage

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION

CHAUFFAGE

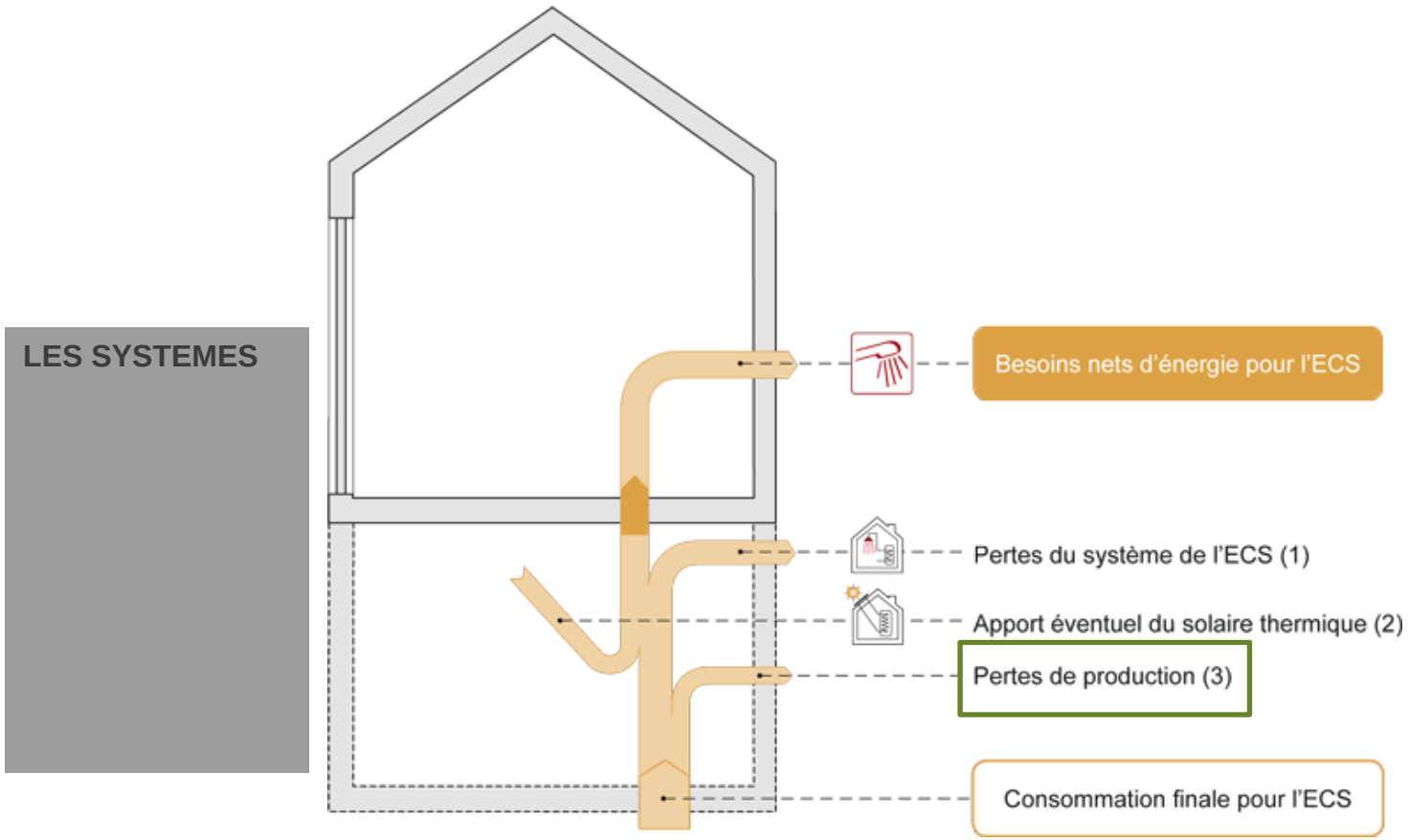
ECS

- Bilan énergétique
- Ecodesign

CASE STUDY

Consommation d'énergie finale pour l'ECS

Pour chaque unité/installation (une seule par unité), introduction des caractéristiques du système de production d'eau chaude sanitaire



« Source /Bron : ULg-CIFFUL »

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION

CHAUFFAGE

ECS

- Bilan énergétique
- Ecodesign

CASE STUDY

ECODESIGN

AGRBC
21/12/07
Ann_XII
§10.3.3.1

Plusieurs cas de figures :

- Systèmes qui sont soumis aux règlements 811 à 814/2013
- Systèmes qui ne sont pas soumis à ces règlements mais qui ont été testés selon ces procédures
- Systèmes qui ne sont pas soumis à ces règlements et pour lesquels aucune donnée « ecodesign » n'est disponible

ECODESIGN – *Soumis aux règlements ?*

AGRBC 21/12/07 Ann_XII §10.3.3.2

Règlements européens 811/2013 et 812/2013

Règlements européens 813/2013 et 814/2013

#	Règlements	Technologies	Conditions
I	811/2013	Systèmes de production de chauffage et ECS combinés	Puissance nominale ≤ 70 kW avec ou sans stockage
	812/2013	Systèmes de production de ECS uniquement	Puissance nominale ≤ 70 kW ET stockage ECS éventuel ≤ 500 litres
II	813/2013	Systèmes de production de chauffage et ECS combinés	Puissance nominale P ≤ 400 kW avec ou sans stockage
	814/2013	Systèmes de production de ECS uniquement	Puissance nominale P ≤ 400 kW ET stockage ECS éventuel V ≤ 2000L
III	Systèmes non soumis aux Règlements précités		

Focus sur les petites puis-sances

- Appareils de production non-couverts par les Règlements européens 811 à 814/2013
  - Mise sur le marché antérieure au 26/09/2015
  - Combustibles tirés principalement de la biomasse
  - Combustibles solides
  - Cogénération dont la puissance électrique est ≥ 50 kW

AGRBC 21/12/07 Ann_XII §10.3.3.3

Cas des systèmes soumis aux règlements

- Les données nécessaires au calcul détaillé des rendements de production et de stockage sont :
  - L'efficacité énergétique η_{WH} pour le chauffage de l'eau, en % ;
  - le profil de soutirage déclaré ;
  - si stockage, les pertes statiques S en W.

Rendement du générateur : η_{gen}

Rendement du stockage : η_{stor}

- Le rendement du générateur, pour une PAC, le vecteur = électricité

$$\eta_{gen,water} = (\eta_{WH} / 100) \cdot CC \cdot f_{stock>gen,water} \cdot f_{dim,gen,water}$$

facteur de Conversion = 2,5

influence du Stockage sur le rendement de prod.

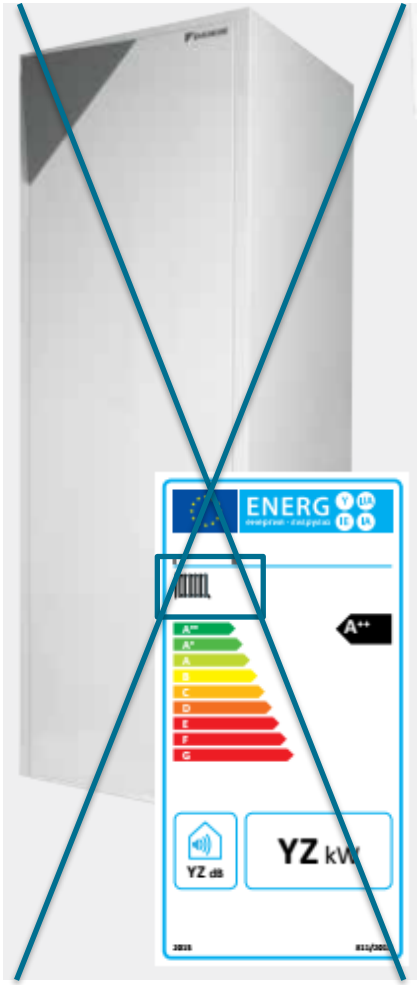
Facteur de correction = 1

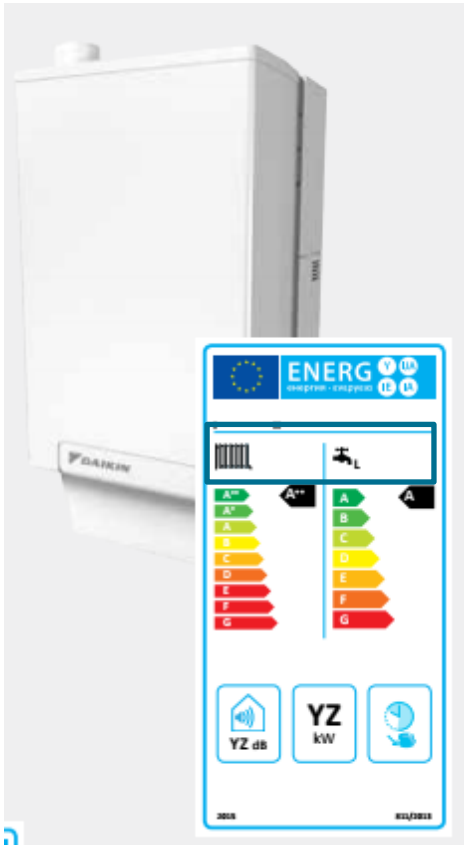
- **Les données ne sont pas toujours disponibles**. L'efficacité énergétique est déterminée en fonction du classement du système de production d'ECS.

36

ECODESIGN - *Etiquette*







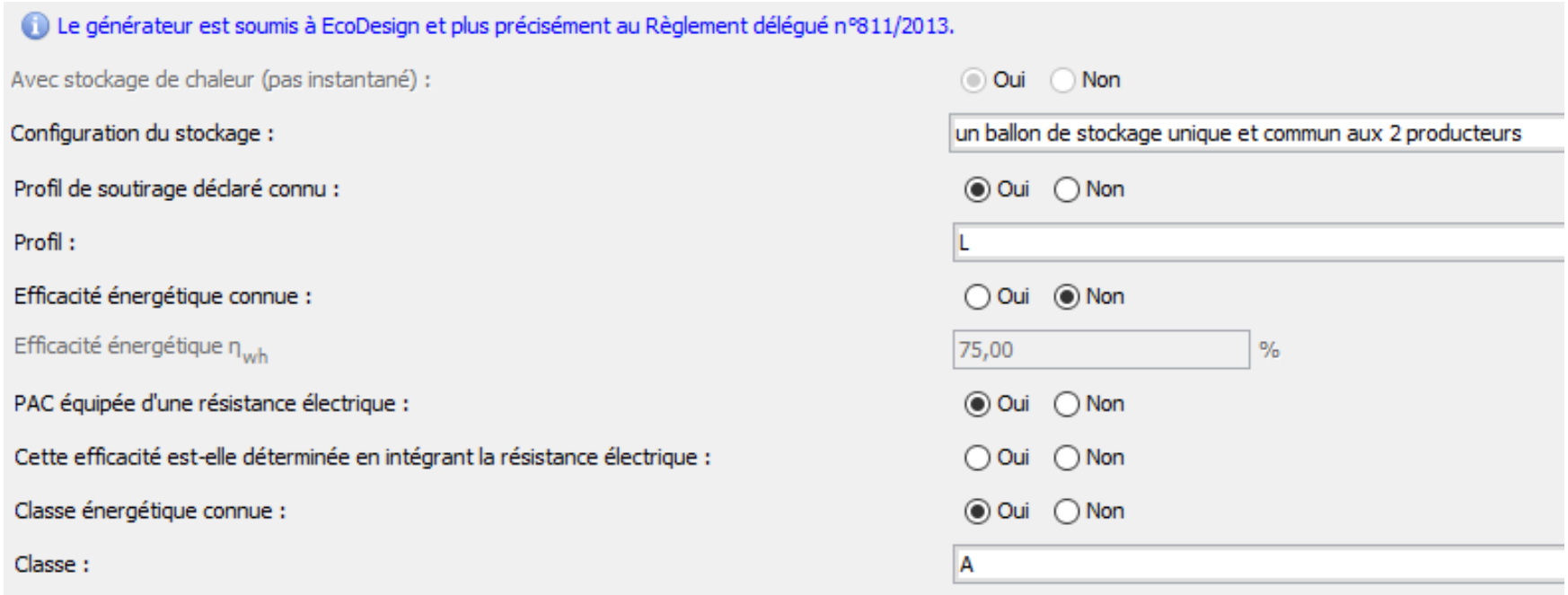
ECS uniquement ou appareil mixte. Attention à la puissance renseignée sur l'étiquette (puissance chauffage) !

AGRBC 21/12/07 Ann_XII §10.3.3.3

Cas des systèmes soumis aux règlements

Si l'efficacité énergétique n'est pas disponible

- Exemple pour les systèmes soumis aux règlements 811 et 812/2013
  - Si la **classe d'efficacité énergétique est connue**, l'efficacité énergétique peut être prise comme l'efficacité énergétique minimale de la classe pour le profil de soutirage déclaré (voir slide suivant)
  - Si la classe d'efficacité énergétique OU le profil de soutirage ne sont pas connus, la **valeur par défaut η_{WH}** de **22%**

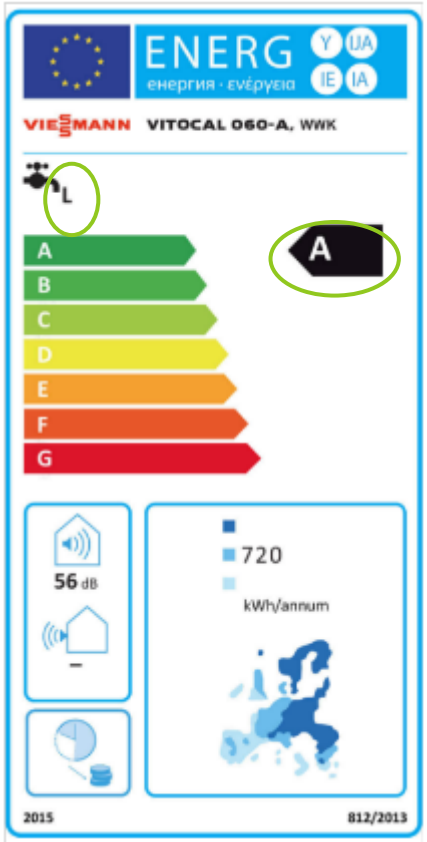


ECODESIGN - *Etiquette*

AGRBC 21/12/07 Ann_XII §10.3.3.3 TAB [30]

Règlements européens 811/2013 et 812/2013

- Exemple



		Profil de soutirage déclaré							
		3XS	XXS	XS	S	M	L	XL	XXL
Classe d'efficacité énergétique	A+++	62	62	69	90	163	188	200	213
	A++	53	53	61	72	130	150	160	170
	A+	44	44	53	55	100	115	η_{WH}	131
	A	35	35	38	38	65	75	80	85
	B	32	32	35	35	45	50	55	60
	C	29	29	32	32	36	37	38	40
	D	26	26	29	29	33	34	35	36
	E	22	23	26	26	30	30	30	32
	F	19	20	23	23	27	27	27	28

Si l'efficacité énergétique pour le chauffage de l'eau n'est pas connue mais que la classe d'efficacité énergétique est connue, l'efficacité énergétique peut être prise comme l'efficacité énergétique minimale de la classe pour le profil de soutirage déclaré

AGRBC
21/12/07
Ann_XII
§10.3.3.3

Cas des systèmes non soumis aux règlements

- Si les systèmes ont été testés selon les règlements 811 à 814/2013, les rendements de production et de stockage sont calculés en utilisant données suivantes (si disponibles):
  - l'efficacité énergétique pour le chauffage de l'eau η_{wh}, en %, ou, à défaut, la classe d'efficacité énergétique pour le chauffage de l'eau ;
  - le profil de soutirage déclaré ;
  - Si stockage, les pertes statiques S, en W.

- Si ces données ne sont pas disponibles, valeur par défaut pour η_{wh} de 95% pour les pompes à chaleur électriques

AGRBC 21/12/07 Ann_XII §10.3.3.4

Stockage

Rendement de stockage pour lesquels l'efficacité énergétique pour le chauffage de l'eau est déterminée

- Pas de stockage

  $\eta_{stor,water} = 1,00$

- Si stockage, $\eta_{stor,water,m}$ est déterminé mensuellement selon

$$\eta_{stor,water,m} = \frac{Q_{stor,water,gross,m}}{(Q_{stor,water,gross,m} + Q_{loss,stor,water,m})}$$

→ Besoins bruts en ECS

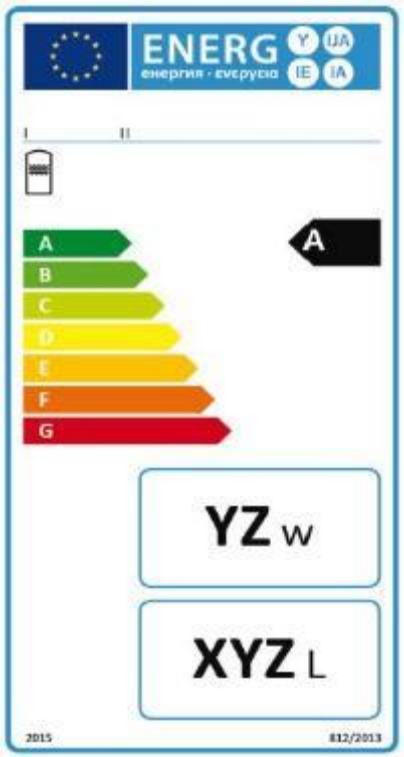
Pertes du ballon de stockage $Q_{loss,stor,water,m} = S.t_m$

- si les pertes statiques S [W] sont connues : valeur selon règlements
- si les pertes statiques sont inconnues : valeur calculée en fonction du volume du ballon

$$S = 31 + 16,66 \cdot V^{0,4}$$

ECODESIGN - *Etiquette*

- Exemple (stockage)



- Fiche d'un élément (≠ générateur) lié à l'ECS Exemple : ballon d'eau chaude séparé, …
- La fiche indique ici la capacité en litres et les pertes statiques du ballon en watts.

TABLE DES MATIÈRES

INTRODUCTION
CHAUFFAGE
ECS
CASE STUDY

Projet Picard

- Duplex (performance passif)
- 122 m² de surface plancher
- Chaudière gaz à condensation pour chauffage et ECS (instantané)
- Radiateurs avec température de départ variable et régulation par local



Nom	U/R	BNC (kWh/m²)	CEP (kWh/m²)	Etech	Ventilation	Surchauffe (%)
Logement 0.9	✓	✓ 12,87 [15,00]	✓ 63,24 [63,57]	-	✓	✓ 2,86 [5]

Résultats

Chauffage

Calcul	
η émission	89 %
η distr.	100 %
η stockage	100 %
η sys. chauff.	89 %
η gen. pref.	95 %

Installation d'eau chaude sanitaire

Calcul	
η gen. pref.	85 %
η stock. pref.	100 %
η gen. pref. * η stock. pref.	85 %

EVOLUTION DU CEP

PAC mixte air/eau chauffage et ECS avec stockage (déclarée à 55°C)

Chauffage	ECS	Chauffage η_{gen}	ECS η_{gen}*η_{stock}	CEP [kWh/m²an]
Valeurs par défaut conservées	Valeurs par défaut conservées	200%	117%	77,5
$SCOP_{ON}$ = 3,27 à 55°C (valeurs par défaut)	**Classe A et profil L**	91%	92%	109,58
$SCOP_{ON}$ = 3,27 à 55°C **(Tdep=55°C)**	Classe A et profil L	300%	92%	76,85
$SCOP_{ON}$ = 3,27 à 55°C **Tdep=35°C Diff de deltaT de 7K**	Classe A et profil L	417%	92%	72,84
$SCOP_{ON}$ = 3,27 à 55°C Tdep=35°C Diff de deltaT de 7K	**η_{wh}=134 % +résistance élec.**	359%	147%	61,13
$SCOP_{ON}$ = 4 à 55°C Tdep=35°C Diff de deltaT de 7K	**η_{wh}=134 % +résistance élec.**	540%	147%	58,93

CE QU'IL FAUT RETENIR DE L'EXPOSÉ



- Il faut essayer, autant que plus possible, de ne pas conserver les valeurs par défaut
- Impact important du paramètre de température de départ sur le calcul du $SCOP_{inst}$
- Maximiser le $SCOP_{ON}$ ainsi que l'efficacité énergétique (minimiser les consommations auxiliaires)
- Les valeurs par défaut pour l'ECS ont un impact négatif sur le calcul du CEP pour les PAC. Il est important d'obtenir au minimum les données de profil de soutirage et la classe énergétique et au mieux, l'efficacité énergétique.
- Maximiser l'efficacité énergétique

OUTILS

Guide bâtiment durable

- Thème energie

  Dossier | Optimiser la production et le stockage pour le chauffage et l'eau chaude sanitaire

  Dispositif | Pompe à chaleur

Sites internet

- Bruxelles Environnement – Travaux PEB

  Documents utiles pour la PEB travaux

- VEA – EPN-cursus

  Explication de la méthode non-résidentielle (commune aux 3 régions)



CONTACT

Danielle MAKAIRE

Ingénieur projet

écorce sa

+ 32 4 226 91 60

info@ecorce.be

MERCI POUR VOTRE ATTENTION