



Mesure standardisée HZ-02

Remplacement de pompes de circulation à rotor noyé dans les bâtiments

Documentation

Identifiant de la mesure

HZ-02

Version

1.0 (11.2024)



1 Avant-propos

Lors de la session d'automne 2023, le Parlement a fixé aux fournisseurs d'électricité, dans la loi fédérale relative à un approvisionnement en électricité sûr reposant sur des énergies renouvelables, une nouvelle obligation à mettre en œuvre des mesures visant à accroître l'efficacité électrique. L'art. 46b de la loi sur l'énergie (LEne) dispose que les fournisseurs d'électricité doivent mettre en œuvre des mesures visant à accroître l'efficacité énergétique des appareils, installations ou véhicules électriques existants chez les consommateurs finaux suisses, ou acquérir des preuves des mesures prises si elles sont mises en œuvre par des tiers. L'Office fédéral de l'énergie (OFEN) fournit chaque année une liste des mesures standardisées et des économies d'électricité comptabilisables à l'aide de ces mesures. Les mesures non comprises dans la liste susmentionnée sont soumises à l'OFEN pour approbation en tant que mesures non standardisées.

Pour chaque mesure standardisée, l'OFEN met à disposition un protocole d'économie à l'aide duquel les fournisseurs d'électricité peuvent annoncer les mesures mises en œuvre. La documentation fournie présente en détail la méthode servant à déterminer les économies d'électricité comptabilisables. La méthode décrite ci-après vise à obtenir une estimation globale des économies d'électricité cumulées (énergie finale) atteintes sur la durée d'impact par la mise en œuvre d'une mesure donnée visant à accroître l'efficacité électrique. Elle se fonde sur un calcul *ex ante* et fait usage d'hypothèses et de coefficients définis sur la base de normes en vigueur, d'études de marché, d'écrits scientifiques et d'expertises.

La documentation s'adresse aux fournisseurs d'électricité, aux responsables de la mise en œuvre des mesures visant à accroître l'efficacité énergétique et à toutes les personnes s'intéressant aux économies d'électricité dans le cadre des gains d'efficacité visés à l'art. 46b LEne (RS 730.0).

2 Objectif

L'objectif du présent document est d'estimer de manière forfaitaire les économies d'électricité découlant du remplacement de pompes de circulation à rotor noyé (ci-après pompes à circulation) par des modèles plus petits et plus efficaces sur le plan énergétique.

3 Symboles, termes et unités

Lettres latines

Symbole	Terme	Unité
E	Consommation électrique annuelle	kWh/a
ΔE_{eco}	Économies d'électricité comptabilisables	MWh
\dot{E}	Puissance électrique nominale	W
f	Facteur	-
H	Hauteur manométrique	kPa
N_s	Durée d'impact standard	a
Q	Débit	m ³ /h
t_{on}	Heures d'exploitation annuelles	h/a
ΔT	Différence de température	K

Lettre grecques

Symbole	Terme	Unité
η	Rendement	-
ϕ_H	Puissance du générateur de chaleur	kW

Indices

x	État (avant, après)
y	Charge partielle



4 Description du calcul ex ante

4.1 Économies d'électricité comptabilisables

Les économies d'électricité comptabilisables ΔE_{eco} pouvant être atteintes par la mesure sont déterminées par la différence entre la consommation d'électricité actuelle (état actuel) E_{alt} et la nouvelle consommation d'électricité (état après assainissement) E_{neu} sur la durée d'impact standard N_s .

Afin de tenir compte du taux naturel de renouvellement et d'optimisation des appareils et des installations, qui entraîne une baisse de la consommation d'énergie indépendamment du respect des engagements prévus par la loi, un coefficient de réduction f_{eco} de 0.75 est appliqué aux économies d'énergie comptabilisables.

$$\Delta E_{eco} = 0.001 \cdot (E_{alt} - E_{neu}) \cdot f_{eco} \cdot N_s$$

ΔE_{eco}	Économies d'électricité comptabilisables, en MWh
E_{alt}	Consommation électrique annuelle de l'état existant, en kWh/a
E_{neu}	Consommation électrique annuelle de l'état après assainissement, en kWh/a
f_{eco}	Facteur de réduction
N_s	Durée d'impact standard, en années

4.2 Consommation électrique annuelle

La consommation électrique annuelle des pompes à circulation est estimée pour les diverses charges partielles sur la base des puissances électriques absorbées $\dot{E}_{y,x}$ à 25%, 50%, 75% et 100% du débit nominal et de la durée d'exploitation annuelle relative $f_{t,y}$. La durée d'exploitation annuelle absolue est définie par la variable t_{on} . L'indice x désigne l'état actuel (*alt*) ou l'état après assainissement (*neu*).

$$E_x = t_{on} \cdot (f_{t,100\%} \cdot \dot{E}_{100\%,x} + f_{t,75\%} \cdot \dot{E}_{75\%,x} + f_{t,50\%} \cdot \dot{E}_{50\%,x} + f_{t,25\%} \cdot \dot{E}_{25\%,x})$$

E_x	Consommation électrique annuelle, en kWh/a
t_{on}	Heures d'exploitation annuelles, en heures par an
$f_{t,y}$	Durée d'exploitation annuelle relative à charge partielle y
$\dot{E}_{y,x}$	Puissance électrique absorbée à charge partielle, en W

La puissance électrique nominale (pour 100% du débit nominal) est fournie par le fabricant de la pompe et figure généralement sur sa plaque signalétique (valeur P1). La puissance électrique consommée à charge partielle est estimée sur la base des équations suivantes en fonction de la régulation de la vitesse. L'indice y désigne la charge partielle (25%, 50% et 75% du débit nominal).

A. Pour les pompes à vitesse **fixe** ou à sélection manuelle de la vitesse :

$$\dot{E}_{y,x} = -0.34 \cdot \dot{E}_{100\%,x} \cdot y^2 + 0.67 \cdot \dot{E}_{100\%,x} \cdot y + 0.67 \cdot \dot{E}_{100\%,x}$$

B. Pour les pompes à vitesse **variable** :

$$\dot{E}_{y,x} = y \cdot \left(1 - \frac{1 - 4 \cdot (1 - y) \cdot f_R}{3} \right) \cdot \dot{E}_{y,x} \cdot \frac{\eta_{100\%,x}}{\eta_{y,x}}$$

Le paramètre f_R représente le coefficient de régulation et $\eta_{y,x}$ le rendement pour diverses charges partielles. Il est défini comme suit pour les pompes dynamiques :

$$\eta_{y,x} = -\eta_{100\%,x} \cdot y^2 + 2 \cdot \eta_{100\%,x} \cdot y$$

y	Charge partielle, en %
-----	------------------------



η_y	Rendement à charge partielle
f_R	Coefficient de régulation

Puisque l'estimation des puissances électriques absorbées à charge partielle dépend uniquement de la puissance électrique nominale $\dot{E}_{100\%,x}$, la formule pour la consommation électrique annuelle E_x est simplifiée à l'aide d'une constante a . Les valeurs de la constante a pour les différentes vitesses sont résumées dans le tableau 1.

$$E_x = t_{on} \cdot \dot{E}_{100\%,x} \cdot f_a$$

E_x	Consommation électrique annuelle, en kWh/a
t_{on}	Heures d'exploitation annuelles, en heures par an
$\dot{E}_{100\%,x}$	Puissance électrique absorbée à pleine charge, en W
f_a	Constante

5 Variables d'entrée

Pompes à circulation pour groupes de chauffage

- État du bâtiment (*sélection* actuel ou assaini)
- Puissance calorifique requise (*nombre entier*)
- Nombre de pompes à circulation (*nombre entier*) et, pour chaque pompe :
 - Type de distribution de chaleur (*sélection* radiateur et chauffage au sol)
 - Régulation de la vitesse (*sélection* entre vitesse fixe ou variable)
 - Part de la surface de référence de référence énergétique desservie (*pourcentage*)
 - Ancienne puissance électrique nominale $P1_{alt}$ en Watt (*nombre entier*)
 - Nouvelle puissance électrique nominale $P1_{neu}$ en Watt (*nombre entier*)

Pompes à circulation d'eau chaude

- Catégorie de bâtiment (*sélection* maison à plusieurs familles / hôtel ou autres)
- Surface de référence énergétique (*nombre entier*)
- Nombre de pompes à circulation (*nombre entier*) et, pour chaque pompe :
 - Ancienne puissance électrique nominale $P1_{alt}$ en Watt (*nombre entier*)
 - Nouvelle puissance électrique nominale $P1_{neu}$ en Watt (*nombre entier*)

6 Hypothèses et données

Généralités

- i. Le nombre d'heures d'exploitation pour les pompes à circulation pour groupes de chauffage en lien avec le besoin de chauffage correspond aux valeurs de référence admises par l'association CECB [6].
- ii. Le nombre d'heures d'exploitation pour la circulation d'eau chaude correspond aux valeurs de référence admises par l'association CECB [6].
- iii. La méthode de calcul de l'indice d'efficacité énergétique (IEE) pour les pompes à circulation, selon le règlement UE 641/2009 [1], considérée comme représentative de la réalité en termes de répartition de la charge sur l'année pour le chauffage [2].
- iv. Une pompe à vitesse *fixe* ou à *sélection manuelle de la vitesse* est réputée consommer une puissance qui dépend du débit en suivant une parabole dont le sommet correspond à la puissance maximale pour un débit de 100% et qui passe par 67% de la puissance maximale à 0% du débit [2].



- v. Le rendement à 75%, 50% et 25% du débit pour les pompes à circulation *dynamiques* est approximé par une parabole dont le sommet correspond au rendement à 100% du débit et qui passe par l'origine [2].
- vi. Le coefficient de régulation pour les pompes à circulation à vitesse variable correspond à la relation entre la hauteur manométrique minimale à 25% du débit et la hauteur manométrique minimale à 100% du débit, en fonction du type de régulation [2].
- vii. La durée d'utilisation standard de la mesure N_s est de 15 ans.

Tableau 1 Valeurs de la constante f_a

Régulation de la vitesse	Valeur pour f_a
Vitesse fixe ou sélectionnable manuellement (sans régulation)	0.89
Delta P constant	0.66
Delta P proportionnel au débit	0.50

Tableau 2 Durées d'exploitation annuelles

Application	Heures d'exploitation annuelles				
	Total	à 100%	à 75%	à 50%	à 25%
	[h]	[%]	[%]	[%]	[%]
Chauffage (actuel, alt. ≤ 800 m)	5'400	6	15	35	44
Chauffage (actuel, alt. > 800 m)	6'400	6	15	35	44
Chauffage (après assainissement ¹)	4'400	6	15	35	44
Eau chaude (MFH ² , hôtel)	8'760	100	0	0	0
Eau chaude (autres)	3'000	100	0	0	0

Tableau 3 Coefficient de régulation f_R

Régulation de la vitesse	Valeur pour f_R
Vitesse fixe ou sélectionnable manuellement (sans régulation)	-
Delta P constant	100%
Delta P proportionnel au débit	62.5%

7 Résultats

Les économies d'électricité comptabilisables sont calculées sur la base de la puissance électrique nominale P_1 de l'ancienne (*alt*) et de la nouvelle (*neu*) pompe à circulation pour les divers cas d'application du tableau 4 à raison des hypothèses et données présentées.

¹ La qualité de l'enveloppe du bâtiment correspond au moins à la classe C CECB

² Bâtiment d'habitation à plusieurs logements

**Tableau 4** Économies d'électricité comptabilisables

Application	Régulation de la vitesse		Économies d'électricité comptabilisables
	<i>Avant</i>	<i>Après</i>	[MWh/appareil]
Chauffage (alt. ≤ 800 m)	non régulé	ΔP constant	$0.061 \cdot (0.89 \cdot P1_{alt} - 0.66 \cdot P1_{neu})$
	non régulé	ΔP proportion.	$0.061 \cdot (0.89 \cdot P1_{alt} - 0.50 \cdot P1_{neu})$
Chauffage (alt. > 800 m)	non régulé	ΔP constant	$0.072 \cdot (0.89 \cdot P1_{alt} - 0.66 \cdot P1_{neu})$
	non régulé	ΔP proportion.	$0.072 \cdot (0.89 \cdot P1_{alt} - 0.50 \cdot P1_{neu})$
Chauffage (après assainissement)	non régulé	ΔP constant	$0.050 \cdot (0.89 \cdot P1_{alt} - 0.66 \cdot P1_{neu})$
	non régulé	ΔP proportion.	$0.050 \cdot (0.89 \cdot P1_{alt} - 0.50 \cdot P1_{neu})$
Eau chaude (MFH, hôtel)	non régulé	non régulé	$0.100 \cdot (0.89 \cdot P1_{alt} - 0.89 \cdot P1_{neu})$
Eau chaude (autres)	non régulé	non régulé	$0.034 \cdot (0.89 \cdot P1_{alt} - 0.89 \cdot P1_{neu})$

8 Exemple

Scénario : remplacement de deux pompes à circulation pour groupes de chauffage (avec radiateurs) dans un immeuble d'habitation à Genève avec une surface de référence énergétique de 800 m².

Dimensionnement

Groupe de chauffage	Puissance du générateur de chaleur	Surface desservie	Débit	Hauteur manométrique	Puissance hydraulique
	[kW]	[m²]	[m³/h]	[kPa]	[Watt]
Groupe A	40	400	1.72	25	12
Groupe B		400	1.72	25	12
Total		800		-	24

Économies

Groupe de chauffage	Puissance électrique (<i>avant</i>)	Régulation de la vitesse (<i>avant</i>)	Puissance électrique (<i>après</i>)	Régulation de la vitesse (<i>après</i>)	Économies d'électricité comptabilisables
	[Watt]	[-]	[Watt]	[-]	[MWh]
Groupe A	55	non régulé	25	dP prop.	2.2
Groupe B	55	non régulé	25	dP prop.	2.2
Total	110	-	50	-	4.4



9 Annexe I

Il n'est pas possible de détecter un surdimensionnement au remplacement sur la seule base de la puissance électrique nominale P_1 de l'ancienne pompe. Pour y remédier, il faut estimer la puissance hydraulique P_{hyd} minimale nécessaire. Les données les plus importantes pour l'estimation de la puissance hydraulique sont le débit Q en m^3/h et la hauteur manométrique H en Pa.

$$P_{hyd} = \frac{Q \cdot H}{3600}$$

Débit

Le débit nominal en m^3/h peut être estimé d'après les facteurs suivants :

- Puissance requise du générateur de chaleur pour le chauffage $\phi_{H,gen}$ en kWh/a, calculé selon la méthode exposée dans la fiche de données [5],
- Différence de température des systèmes de distribution de chaleur au point de dimensionnement ΔT en K. Cette valeur est fixée de manière forfaitaire en fonction du type de distribution de chaleur au tableau 5.

S'il y a plusieurs groupes de chauffage, les surfaces de référence énergétiques (SRE) des groupes font office de clé de répartition.

$$Q = \frac{\phi_{H,gen}}{1.161 \cdot \Delta T}$$

Hauteur manométrique

La hauteur manométrique en Pa des pompes à circulation pour groupes de chauffage est estimée de manière forfaitaire en fonction du type de distribution de chaleur au tableau 5.

Tableau 1 Caractéristiques des systèmes de chauffage

Système de distribution de chaleur	Hauteur manométrique [kPa]	Différence de température [K]
Chauffage au sol	50	5
Radiateurs (standard)	25	10

10 Annexe II

La puissance électrique nominale P_1 maximale admissible des nouvelles pompes à circulation d'eau chaude selon SIA 385/1:2020 [3] est calculée d'après la longueur (des conduites horizontales et verticales) du circuit de circulation. Cette valeur peut être estimée linéairement d'après la surface de référence énergétique (SRE). Les caractéristiques et fonctions correspondantes sont résumées dans le tableau 6.

Tableau 2 Longueur typique des circuits de circulation [4]

Élément	Longueur typique
Conduites horizontales [m]	$26 + 0.02 \cdot \text{SRE}$
Conduites verticales [m]	$0.075 \cdot \text{SRE}$
Total [m]	$26 + 0.1 \cdot \text{SRE}$



11 Sources

- [1] Commission européenne, *Règlement (CE) Nr. 641/2009 de la Commission du 22 juillet 2009 portant application de la directive 2005/32/CE du Parlement européen et du Conseil concernant les exigences d'écoconception applicables aux circulateurs sans presse-étoupe indépendants et aux circulateurs sans presse-étoupe intégrés dans des produits*, Bruxelles, 2009.
- [2] *Ersatz von Pumpen*, programme PEIK, Berne, 2019.
- [3] Société suisse des ingénieurs et architectes, *Installations d'eau chaude sanitaire dans les bâtiments – Bases générales et exigences*, SIA 385/1, 2020.
- [4] Wolff, D., von Krosigk, D. et al, *Einfluss der Verteilungsverluste bei der energetischen Modernisierung von Mehrfamilienhäusern. Analyse und Ableitung von Optimierungsmaßnahmen*, Projet commandité par le fonds proKlima energcity, Hannover/Braunschweig/Wolfenbüttel, 2012.
- [5] *Détermination de la puissance du générateur de chaleur*, SuisseEnergie, Berne, 2015.
- [6] Fachhochschule Nordwestschweiz (FHNW), *Normalisation du CECB - Version 2.1.0*, Association GEAK-CECB-CECE, Berne, 2023.