



Mesure standardisée KA-02

Remplacement d'appareils de refroidissement

Documentation

Identifiant de la mesure

KA-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'article 46b de la loi sur l'énergie (LEne ; RS 730.0) 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) pouvant être 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 facteurs 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'article 46b LEne.

2 Objectif

L'objectif du présent document est d'estimer de manière forfaitaire les économies d'électricité découlant du remplacement d'un ou plusieurs climatiseurs ou un ou plusieurs appareils de refroidissement de confort ou industriels (ci-après appareils de refroidissement) par une ou plusieurs installations plus efficaces sur le plan énergétique.

3 Symboles, termes et unités

Lettres latines

Symbole	Notion	Unité
\dot{E}	Puissance électrique	kW
E	Consommation électrique	kWh
ΔE_{eco}	Économies d'électricité comptabilisables	MWh
b	Facteur Bin	-
f	Facteur	-
JAZ	Coefficient de performance annuel	-
N_s	Durée d'impact standard	a
\dot{Q}	Puissance de refroidissement	kW
t	Durée Bin	h/a
UA	Valeur UA	kW/K

Lettres grecques

Symbole	Notion	Unité
η	Rendement exergetique	-
τ	Taux de charge Bin	-
θ	Température Bin	°C



Indices

x	État (existant, après assainissement)
i	Bin
$comp$	Compresseur
$cond$	Condensateur
$evap$	Évaporateur
ac	Aéroréfrigérant
aux	Groupes auxiliaires (ventilateurs, etc.)
fc	Free-Cooling
$defrost$	Dégivrage

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 kWh
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 pour la production de froid actuelle et améliorée est calculée sur la base d'une méthode Bin, en additionnant la consommation électrique des compresseurs ($comp$), des ventilateurs (aux) et du dégivrage des évaporateurs ($defrost$) pour les refroidisseurs d'air pour chaque BIN. Les indices i et x désignent, indépendamment l'un de l'autre, la numérotation des Bins, ou alors l'état existant (alt) ou après assainissement (neu). La consommation électrique annuelle est donc exprimée comme suit :

$$E_x = \sum_i E_{comp,x,i} + E_{aux,x,i} + E_{defrost,x,i}$$

E_x	Consommation électrique annuelle, en kWh/a
$E_{x,i}$	Consommation électrique du Bin, en kWh

Pour la production de froid sans Free-Cooling, la consommation électrique des compresseurs est exprimée comme suit pour chaque Bin :

$$E_{comp,x,i} = \frac{(\dot{Q}_x \cdot \tau_{x,i} - \dot{Q}_{fc,x,i}) \cdot t_i}{\eta_x \cdot \left(\frac{\theta_{cond,x,i} + 273.15}{\theta_{cond,x,i} - \theta_{evap,x,i}} - 1 \right)}$$



$E_{x,i}$	Consommation électrique du Bin, en kWh
\dot{Q}_x	Puissance de refroidissement nominale installée, en kW
t_i	Durée Bin, en heures
η_x	Rendement exergétique
$\tau_{x,i}$	Taux de charge Bin
$\theta_{cond,x,i}$	Température de condensation, en °C
$\theta_{evap,x,i}$	Température d'évaporation, en °C

Le besoin en refroidissement couvert par le Free-Cooling dépend de la structure de l'installation et se calcule comme suit :

$$\dot{Q}_{fc,x,i}^{max} = UA_{fc,x} \cdot \frac{(\theta_{0,x} - \theta_{sink,x,i}) - (\theta_{0,x} + \Delta\theta_{0,x} - \theta_{sink,x,i} - \Delta\theta_{sink,x})}{\ln(\theta_{0,x} - \theta_{sink,x,i}) - \ln(\theta_{0,x} + \Delta\theta_{0,x} - \theta_{sink,x,i} - \Delta\theta_{sink,x})}$$

Parallèle

$$\dot{Q}_{fc,x,i} = \begin{cases} \dot{Q}_x \cdot \tau_{x,i}, & \dot{Q}_{fc,x,i}^{max} \geq \dot{Q}_x \cdot \tau_{x,i} \\ 0, & \dot{Q}_{fc,x,i}^{max} < \dot{Q}_x \cdot \tau_{x,i} \end{cases}$$

Série

$$\dot{Q}_{fc,x,i} = \begin{cases} \min(\dot{Q}_{fc,x,i}^{max}; \dot{Q}_x \cdot \tau_{x,i}), & \dot{Q}_{fc,x,i}^{max} \geq 0 \\ 0, & \dot{Q}_{fc,x,i}^{max} < 0 \end{cases}$$

$UA_{fc,x}$	Valeur UA Free-Cooling, kW/K
\dot{Q}_x	Puissance de refroidissement nominale installée, en kW
$\dot{Q}_{fc,x,i}$	Puissance de refroidissement du Bin en Free-Cooling, en kW
$\dot{Q}_{fc,x,i}^{max}$	Puissance de refroidissement maximale du Bin en Free-Cooling, en kW
$\tau_{x,i}$	Taux de charge Bin
$\theta_{0,x}$	Température du frigoporteur (sortie), en °C
$\Delta\theta_{0,x}$	Différence de température du frigoporteur, en °C
$\theta_{sink,x,i}$	Température Bin du puits de chaleur, en °C
$\Delta\theta_{sink,x}$	Différence de température du puits de chaleur, en °C

Si le froid est transmis au local au moyen d'une évaporation directe, la température du frigoporteur $\theta_{0,x}$ n'est pas utilisée et la température d'évaporation $\theta_{evap,x}$ est employée.

Le taux de charge Bin de l'installation se calcule comme suit :

$$\tau_{x,i} = \frac{1}{\dot{Q}_x} \cdot (\dot{Q}_0 - \dot{Q}_{b,0}) \cdot \max\left(0; \frac{\theta_{amb,i} + \Delta\theta_{solar} - \theta_{amb,str}}{\theta_{amb,0} - \theta_{amb,str}}\right) + \frac{\dot{Q}_{b,0}}{\dot{Q}_x} + \frac{f_{defrost,th,x}}{24} \cdot b_{x,i}$$

$$\tau_{net,x,i}$$

$$b_{x,i} = \begin{cases} 0, & \tau_{net,x,i} = 0 \\ 1, & \tau_{net,x,i} > 0 \end{cases}$$

$b_{x,i}$	Facteur de besoin Bin
$f_{defrost,th,x}$	Facteur de production de froid (quotidien) pour le dégivrage
\dot{Q}_0	Puissance de refroidissement aux conditions de conception, en kW
\dot{Q}_0	Puissance de refroidissement aux conditions de conception, en kW
$\tau_{x,i}$	Taux de charge Bin
$\Delta\theta_{solar}$	Correction de température, en °C
$\theta_{amb,i}$	Température de l'air extérieur du Bin, en °C



$\theta_{amb, str}$	Température de l'air extérieur à partir de laquelle il faut refroidir, en °C
$\theta_{amb, 0}$	Température de l'air extérieur aux conditions de conception, en °C

La correction de température $\Delta\theta_{solar}$ est employée entre autres pour tenir compte de l'influence du réchauffement solaire étant donné que le refroidissement de confort est surtout utilisé pendant cette période. Le facteur $f_{defrost, x}$ représente le besoin de refroidissement supplémentaire nécessaire pour compenser l'apport de chaleur nécessaire pour dégivrer les évaporateurs pendant le fonctionnement de l'installation ; sa valeur dépend du type de procédure de dégivrage.

La température d'évaporation θ_{evap} se calcule comme suit :

$$\theta_{evap, min, x, i} = \theta_{0, x} + \Delta\theta_{evap, min, x}$$

$\theta_{0, x}$	Température du frigoporteur (sortie), en °C
$\Delta\theta_{evap, min, x}$	Différence de température minimale dans l'évaporateur ¹ , en °C
$\theta_{evap, x}$	Température d'évaporation, en °C

La température de condensation se calcule en fonction du type de régulateur de pression utilisé, comme suit :

Thermostatique	$\theta_{cond, x, i} = \max(\theta_{th, min}; \theta_{sink, x, i} + \Delta\theta'_{cond, min, x})$
----------------	--

Électronique	$\theta_{cond, x, i} = \max(\theta_{evap, x} + \theta_{el, min}; \theta_{sink, x, i} + \Delta\theta'_{cond, min, x})$
--------------	---

$\theta_{min, x}$	Augmentation de température, en °C
$\theta_{sink, x, i}$	Température Bin du puits de chaleur, en °C
$\Delta\theta'_{cond, min, x}$	Différence de température minimale dans le système de diffusion de chaleur, en °C
$\theta_{evap, x}$	Température d'évaporation, en °C

$\theta_{th, min}$ est la température de condensation minimale nécessaire pour un régulateur de pression thermostatique, $\theta_{src, i}$ la température Bin du frigoporteur et $\theta_{el, min}$ la différence de température minimale nécessaire entre condensation et évaporation pour un régulateur électronique. Pour les installations avec un caloporteur liquide qui diffusent la chaleur à l'air extérieur au moyen d'un aérorefroidisseur, la différence de température minimale $\Delta\theta_{cond, min, x}$ comprend les différences de température supplémentaires de l'aérorefroidisseur :

Avec aérorefroidisseur	$\Delta\theta'_{cond, min, x} = \Delta\theta_{cond, min, x} + \Delta\theta_{ac, min, x} + \Delta\theta_{ac, x}$
------------------------	---

Autres	$\Delta\theta'_{cond, min, x} = \Delta\theta_{cond, min, x}$
--------	--

$\Delta\theta'_{cond, min, x}$	Différence de température minimale dans le système de diffusion de chaleur, en °C
$\Delta\theta_{cond, min, x}$	Différence de température minimale dans le condensateur ² , en °C
$\Delta\theta_{ac, min, x}$	Différence de température minimale dans l'aérorefroidisseur ³ , en °C
$\Delta\theta_{ac, x}$	Différence de température du caloporteur dans l'aérorefroidisseur ⁴ , en °C

La consommation électrique Bin des ventilateurs est indiquée en fonction du mode de fonctionnement des appareils :

¹ Température en sortie du frigoporteur moins température d'évaporation

² Température de condensation moins température d'entrée du caloporteur

³ Température d'entrée de l'air moins température de sortie du caloporteur

⁴ Température d'entrée moins température de sortie du caloporteur



On/Off

$$E_{aux,x,i} = \dot{E}_{aux,x} \cdot \tau_{x,i} \cdot t_i$$

Avec modulation

$$E_{aux,x,i} = \begin{cases} 0, & \tau_{x,i} = 0 \\ \dot{E}_{aux,x} \cdot \max(0.3; \tau_{x,i})^3 \cdot t_i, & \tau_{x,i} > 0 \end{cases}$$

t_i	Durée Bin, en heures
$\tau_{x,i}$	Taux de charge Bin
$\dot{E}_{aux,x}$	Puissance électrique nominale des ventilateurs, en kW
$E_{aux,x,i}$	Consommation électrique Bin, en kWh

$\dot{E}_{aux,cond,x}$ et $\dot{E}_{aux,evap,x}$ sont la puissance électrique nominale absorbée par les ventilateurs de l'évaporateur / du condenseur (à pleine charge) et se calcule comme suit :

Évaporateur

$$\dot{E}_{aux,evap,x} = \dot{Q}_{evap,x} \cdot f_{aux,x} = \dot{Q}_x \cdot f_{aux,x}$$

Condenseur

$$\dot{E}_{aux,cond,x} = \dot{Q}_{cond,x} \cdot f_{aux,x}$$

\dot{Q}_x	Puissance de refroidissement nominale installée, en kW
$\dot{Q}_{cond,x}$	Besoin d'aérefroidissement installé, en kW
$f_{aux,x}$	Consommation électrique spécifique des ventilateurs
$\dot{E}_{aux,x,i}$	Puissance électrique nominale des ventilateurs, en kW

La puissance $\dot{Q}_{cond,x}$ se calcule comme suit :

$$\dot{Q}_{cond,x} = \dot{Q}_x + \frac{\dot{Q}_x}{\eta_x \cdot \left(\frac{\theta_{sink,x,0} + \Delta\theta_{cond,x} + 273.15}{\theta_{sink,x,0} + \Delta\theta_{cond,x} - \theta_{evap,x}} - 1 \right)}$$

$\dot{Q}_{cond,x}$	Besoin d'aérefroidissement installé, en kW
\dot{Q}_x	Puissance de refroidissement nominale installée, en kW
η_x	Rendement exergétique
$\theta_{sink,x,0}$	Température du caloporteur aux conditions de conception, en °C
$\Delta\theta_{cond,x}$	Différence de température dans l'échangeur de chaleur ⁵ , en °C
$\theta_{evap,x}$	Température d'évaporation, en °C

La consommation électrique mensuelle directe pour le dégivrage des évaporateurs est indiquée comme suit :

$$E_{defrost,x,i} = \dot{Q}_x \cdot \frac{f_{defrost,el,x}}{24} \cdot b_{x,i} \cdot t_i$$

$b_{x,i}$	Facteur de besoin Bin
$E_{defrost,x,i}$	Consommation électrique Bin pour le dégivrage, en kWh
$f_{defrost,el,x}$	Consommation électrique spécifique (quotidienne) pour le dégivrage
\dot{Q}_x	Puissance de refroidissement nominale installée, en kW

La production annuelle brute de froid est déterminée comme suit :

⁵ Température de condensation moins température d'entrée du caloporteur



$$Q_x = \dot{Q}_x \cdot \sum_i \tau_{x,i} \cdot t_i$$

Q_x	Production annuelle brute de froid, en kWh/a
\dot{Q}_x	Puissance de refroidissement nominale installée, en kW
t_i	Durée Bin, en heures
$\tau_{x,i}$	Taux de charge Bin

Il s'agit d'une production brute car elle comprend l'excédent de production nécessaire pour compenser l'apport d'énergie thermique dû au dégivrage. Le coefficient de performance annuel de l'installation est indiqué comme suit :

$$JAZ_x = \frac{Q_x}{E_x}$$

E_x	Consommation électrique annuelle, en kWh/a
Q_x	Production annuelle brute de froid, en kWh/a
JAZ_x	Coefficient de performance annuel

5 Variables d'entrée

Général

- Les stations climatiques et hydrologiques (*choix multiple*)
- La température extérieure de conception, en °C (*nombre entier*)

Installation

- La puissance de refroidissement nominale, en kW (*nombre à virgule*)
- L'année de construction de l'installation (*choix multiple*)
- La présence de Free-Cooling (*choix multiple*)
- Le type de soupape(s) à expansion (*facultatif, choix multiple*)
- Le type de compresseur(s) (*facultatif, choix multiple*)
- Le type d'évaporateur(s) (*facultatif, choix multiple*)
- Le type de condensateur(s) (*facultatif, choix multiple*)
- Le type d'aérorefroidisseur(s) (*facultatif, choix multiple*)

Besoin de refroidissement

- Le profil de besoin (*choix multiple*)
- Puissance de refroidissement de conception, en kW (*nombre à virgule*)
- Les heures de fonctionnement quotidiennes, en heure (*nombre entier*)
- La température d'application, en °C (*nombre à virgule*)

6 Hypothèses et données

Général

- La durée d'impact standard N_s de la mesure est de 15 ans.
- La valeur standard pour la température de conception (air extérieur) $\theta_{amb,0}$ est de 35°C.
- les durées BIN des diverses stations climatiques correspondent aux valeurs standard du cahier technique SIA 2028:2010 [1]. Les températures Bin hydrologiques correspondantes figurent dans le tableau 1 [2].

Tableau 1 valeurs Bin hydrologiques [2, 4]



Station hydrologique	Température Bin θ_{sink} [°C]
Eau de lac (profondeur > 45m)	7.5
Cours d'eau (moyenne)	min (max (4.71 + 0.76 · $\theta_{amb,i}$; 22.0) ; 3.0) *

* $\theta_{amb,i}$ correspond à la température de l'air extérieur du Bin, en °C

Installation

- iv. Les valeurs standard pour le type de soupape à expansion sont résumées dans le tableau 2.

Tableau 2 Types de soupape à expansion [2]

Soupape à expansion	Année de construction de l'installation [-]
Thermostatique	< 1995
Électronique	≥ 1995

- v. Les rendements exergétiques η en fonction du type de compresseur figurent dans le tableau 3 (la valeur standard est de 0.45).

Tableau 3 Rendement en fonction du type de compresseur [2]

Type de compresseur	Rendement η [-]
Compresseur à piston alternatif (hermétique)	0.37
Compresseur à piston alternatif (semi-hermétique)	0.45
Compresseur Scroll	0.45
Compresseur à vis	0.49
Turbo-compresseur	0.54

- vi. Les valeurs standard pour les différences de température $\Delta\theta_{evap,min}$ dans les évaporateurs en fonction du type et du frigoporteur figurent dans le tableau 4.

Tableau 4 Différences de température des évaporateurs [3]

Évaporateur	Frigoporteur	$\Delta\theta_{evap,min}$ [°C]
Lamelles (sèches)	Évaporation directe	10.0 *
Lamelles (immergées)	Évaporation directe	5.5 *
Plaques	Refroidissement liquide	4.5 **
Faisceaux de tube	Refroidissement liquide	4.0 **
Inconnu (gaz)	Évaporation directe	8.0 *
Inconnu (liquide)	Refroidissement liquide	4.5 **

* Température d'entrée de l'air extérieur moins température d'évaporation (à la sortie)

** Température en sortie de l'agent réfrigérant moins température d'évaporation (à la sortie)

- vii. Les valeurs standard pour les différences de température $\Delta\theta_{cond,min}$ dans les condensateurs en fonction du type et du frigoporteur figurent dans le tableau 5.

Tableau 5 Différences de température des condensateurs [3]

Condensateur	Caloporteur	$\Delta\theta_{cond,min}$ [°C]
--------------	-------------	-----------------------------------



Lamelles (condensation directe)	Condensation directe	8.5 *
Plaques	Eau	3.5 **
Faisceaux de tube	Eau	2.5 **
Inconnu (gaz)	Condensation directe	12.5 *
Inconnu (liquide)	Eau	3.5 **

* Température d'entrée de l'air moins température de condensation (à l'entrée)

** Température en sortie du caloporteur moins température de condensation (à l'entrée)

- viii. Les valeurs standard pour les différences de température $\Delta\theta_{ac,min}$ et $\Delta\theta_{ac}$ dans les aérorefroidisseurs en fonction du type figurent dans le tableau 6.

Tableau 6 Différences de température des condensateurs [3]

Condensateur	$\Delta\theta_{ac}$ [°C]	$\Delta\theta_{ac,min}$ [°C]
sec	2.0	7.0 *
Inconnu / autres	2.0	8.0 *
Pas d'aérorefroidisseur	0.0	0.0

* Température d'entrée de l'air moins température du caloporteur (à la sortie)

- ix. Les valeurs standard pour la régulation et la puissance électrique spécifique des ventilateurs des évaporateurs et condensateurs (y c. aérorefroidisseurs) par période de construction sont résumées dans le tableau 7. Pour les échangeurs de chaleur à air avec Free-Cooling, la valeur standard pour l'année de construction est fixée à > 2005.

Tableau 7 Régulation et puissance électrique des ventilateurs [2]

Année de construction de l'installation	Régulation	Puissance électrique spéc. [kW/kW]
< 1995	On/Off	0.050
1995 – 2005	On/Off	0.035
> 2005	Avec modulation	0.020

- x. Les valeurs standard spécifiques pour la consommation électrique quotidienne supplémentaire $f_{defrost,el}$ et le besoin de refroidissement quotidien supplémentaire $f_{defrost,th}$ en fonction du processus de dégivrage figurent dans le tableau 8.

Tableau 8 Besoin de refroidissement supplémentaire et consommation électrique pour le dégivrage des refroidisseurs d'air [2]

Processus de dégivrage	Température du frigoporteur [°C]	Puissance thermique spéc. [kW/kW]	Puissance électrique spéc. [kW/kW]
Dégivrage par gaz chauds	< 0	0.5	0.250
Ventilation externe	0 – 8	0.5	0.125
Aucun	> de 8	0.0	0.000

- xi. La puissance de refroidissement de l'échangeur de chaleur Free-Cooling supplémentaire aux conditions de conception est égale à la puissance d'aérorefroidissement installée $\dot{Q}_{cond,x}$.
- xii. Pour les condensateurs à air ou les aérorefroidisseurs, les températures au point de dimensionnement pour le côté puits de chaleur / caloporteur sont de 35 °C / 39 °C et 46 °C / 42 °C.



- xiii. Pour les condensateurs à eau, les températures au point de dimensionnement pour le côté puits de chaleur /
- xiv.
- xv. caloporteur sont de 10 °C / 14 °C et 15 °C / 19 °C.
- xvi. La valeur UA de l'échangeur de chaleur Free-Cooling supplémentaire se calcule sur la base des conditions de conception (cf. point xi.-xiii.).

Besoin de refroidissement

- xvii. La température extérieure à partir de laquelle il existe un besoin de climatisation est de 20 °C. Pour les autres applications, cette valeur est de 5 °C (à l'exception de la charge de base, qui doit toujours être prise en compte).
- xviii. Par défaut, les heures d'exploitation quotidiennes s'élèvent à 24 h/a.
- xix. La part de la charge de base (c.-à-d. le besoin de refroidissement moyen pendant le mois le plus froid de l'année) est définie sur la base de la catégorie d'utilisation. Les valeurs standard sont représentées dans le tableau 9.

Tableau 9 Part de la charge de base selon application

Application	Part de la charge de base [%]
Climatisation	0
Froid industriel positif	40
Froid industriel négatif	60
Refroidissement de processus / serveurs informatiques	80

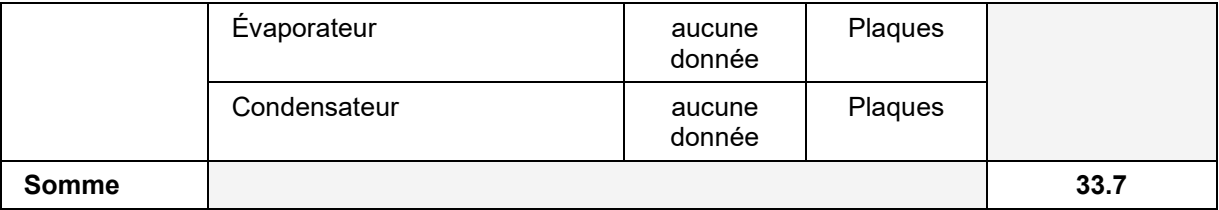
7 Résultats

Les économies d'électricité comptabilisables sont calculées pour chaque installation de refroidissement sur la base des variables d'entrée fixées, eu égard aux hypothèses et données présentées. L'outil Excel *CalcuCool*, accessible au public, est utilisé.

8 Exemples

Scénario A: Remplacement d'une climatisation à air et eau 120 kW (avec aérorefroidisseur, sans Free-Cooling) datant de 2002 dans un immeuble de bureaux (Zurich, ZH). La puissance de refroidissement de conception est de 100 kW et la température requise est de 16 °C. Les aérorefroidisseurs ne sont pas remplacés.

Application	Variables d'entrée	Valeurs		Économies d'électricité comptabilisables
		existant	après assainissement	[MWh]
Climatisation (< 2000 h/a)	Puissance de refroidissement nominale, kW	120	120	
	Puissance de refroidissement de conception, kW	100	100	
	Heures d'exploitation, h/j	24	24	
	Température requise, °C	16	16	
	Année de construction	1995 - 2005	> 2005	



[1] Société suisse des ingénieurs et architectes, *Données climatiques pour la physique du bâtiment, l'énergie et les installations du bâtiment*, SIA 2028, 2010.

[2] *Ersatz der Kälteproduktion*, programme PEIK, Berne, 2019.

[3] *Optimisation des installations frigorifiques : mesures et potentiels*, suisseénergie, Berne, 2020.

[4] Office fédéral de l'environnement (OFEV), *Réseaux d'observation: température des eaux*, [Réseaux d'observation: température des eaux \(admin.ch\)](#), dernier accès le 12 août 2024.