
Méthodologie pour le calcul des réductions d'émissions de CO₂**Pompes à chaleur (PAC)****M01 – Version 3.1****Valdateur : EBP**

Les méthodologies font partie intégrante du Standard genevois d'évaluation des économies d'énergie, d'émissions de CO₂, de déchets et d'eau. Pour la détermination des économies d'émissions de CO₂, chaque Projet ou PA doit utiliser une méthodologie approuvée selon les exigences du Standard genevois d'évaluation.

Si d'autres programmes souhaitent utiliser ces méthodologies, ceux-ci doivent en citer la source.

Les méthodologies s'appliquent tant aux Projets qu'aux Actions incluses dans un Plan d'Actions. Le présent document précise dans quels cas l'utilisation de cette méthodologie est préconisée.

Table des matières

A. Introduction	2
1. Description.....	2
2. Objectifs	2
3. Domaines et conditions d'application	2
4. Sources	2
B. Calcul des réductions d'émissions de CO ₂	3
1. Limite du système et prise en compte des fuites	3
2. Méthode de calcul des économies des réductions d'émissions de CO ₂ et hypothèses	4
C. Contrôle qualité	10

A. Introduction

1. Description

La méthodologie concerne les installations de chauffage au mazout ou au gaz qui sont substituées par une pompe à chaleur air-eau, eau-eau ou sol-eau.

La méthodologie se base sur les méthodes de calcul proposées par le document *Garantie de performance – Installations Techniques* (ed. 2019) de *suisse énergie*¹ en appliquant les facteurs d'émission des agents énergétiques réels remplacés. La durée de vie prise en compte se base sur les recommandations de la branche (Groupement Suisse des Pompes à chaleur).

2. Objectifs

La substitution de chaufferies au mazout ou au gaz par des pompes à chaleur (PAC) vise à engendrer des économies de CO₂, étant donné que l'on remplace des énergies fossiles par une installation utilisant l'apport thermique de l'environnement et fonctionnant à l'électricité. La méthodologie vise à décrire comment sont comptabilisées ces réductions d'émission de CO₂.

3. Domaines et conditions d'application

La méthodologie s'applique pour tous les types de substitution de chaufferie (alimentée à l'énergie fossile) par une pompe à chaleur.

4. Sources

- Suisse énergie, Office fédéral de l'énergie (OFEN)
- Office fédéral de la statistique (OFS)
- Groupement Suisse des pompes à chaleur (GSP)

¹ GARANTIE DE PERFORMANCE – INSTALLATION TECHNIQUES, **suisse énergie, Office Fédéral de l'Energie (OFEN)** : <https://www.bundespublikationen.admin.ch/fr/product/000000000862645819/Garantie%20perf.%20installations%20tech.%20PDF>.

B. Calcul des réductions d'émissions de CO₂

1. Limite du système et prise en compte des fuites

Les émissions de CO₂ sont limitées aux émissions effectives de l'installation sujette à rénovation sans prise en considération de l'énergie grise.

Les éventuelles fuites sont considérées comme négligeables ou nulles. Par exemple, on ne considère pas les réductions d'émissions engendrées par l'arrêt des livraisons de combustibles fossiles, mazout en particulier.

1.1 Petits immeubles y.c. villas (puissance < 70 kW)

Toutes les chaudières remplacées sont intégrées dans le calcul de réduction d'émissions de CO₂. Les économies de CO₂ générées sont comptabilisées uniquement durant les années d'anticipation de remplacement de la chaudière ; c'est-à-dire la différence d'âge entre la chaudière remplacée et à la durée de vie moyenne d'une installation de chauffage en Suisse.

1.2 Grands immeubles (puissance ≥ 70 kW)

Les chaudières remplacées sont intégrées dans le calcul à condition que la production de chaleur prévu pour la/les PAC(s) couvre au moins 50% des besoins annuels de chaleur du bâtiment.

Les économies de CO₂ générées sont calculées sur toute la durée de vie de la nouvelle installation PAC.

2. Méthode de calcul des économies des réductions d'émissions de CO₂ et hypothèses

La méthodologie se base sur les calculs proposés par la Confédération dans son document Garantie de Performance – Installations Techniques (ed. 2019), édité par *suisse énergie*.

2.1 Petits immeubles y.c. villas (puissance < 70 kW)

Les réductions d'émissions de CO₂ se calculent comme suit :

$$E = \left(\frac{FE * f_{légale}}{\eta_{old}} - \frac{FE_{\acute{e}}}{COP} \right) * P * t_{an} * \min(A_{moy} - A ; A_{max}) * f_{Ac}$$

(Formule 1)

E	= Réduction d'émission de CO ₂ (tCO ₂)
t_{an}	= Heure à pleine charge annuel (h/an) : 2'700 pour les générateurs de chaleur servant de chauffage et à la production d'eau chaude sanitaire (altitude standard jusqu'à 800m)
FE	= Facteur d'émission CO ₂ de l'agent énergétique remplacé (tCO ₂ /kWh _{th})
A_{moy}	= Âge de remplacement moyenne Suisse (voir ci-dessous) (ans)
A	= Âge de la chaudière remplacée (ans) :
A_{max}	= Durée de vie maximale de l'installation (ans) : 20
f_{Ac}	= Facteur d'actualisation (détail ci-dessous) : 0.91
$f_{légale}$	= Facteur légal (voir ci-dessous) (-)
η_{old}	= Rendement de l'ancien producteur de chaleur : 0.78 pour chaudière à mazout, 0.82 pour les chaudières à gaz
P	= Puissance de la nouvelle PAC aux conditions A-7/W35 (kW)
COP	= Coefficient de performance (-) : PAC air-eau : 3 ; PAC sol-eau : 4
$FE_{\acute{e}}$	= Facteur d'émission CO ₂ de l'électricité consommée par la PAC (tCO ₂ /kWh _é)

L'âge de la chaudière remplacée A , correspond à la différence d'années entre l'installation et la rénovation de la chaudière.

A_{moy} représente la moyenne des âges de remplacements annuels A_a sur les 4 années précédentes, ici :

$$A_{moy} = \frac{A_{2020} + A_{2021} + A_{2022} + A_{2023}}{4}$$

(Formule 2)

Où A_a correspond à l'âge de remplacement moyen des systèmes de chauffage en Suisse pour l'année a . Cet indicateur représente le nombre d'années nécessaires pour remplacer l'ensemble des systèmes de chauffage existants, ce qui équivaut à la durée de vie moyenne d'une installation de chauffage.

A_a est déterminé en divisant le nombre de bâtiments d'habitation existants recensés en Suisse à la fin de l'année a (c'est-à-dire l'ensemble des bâtiments d'habitation moins ceux nouvellement construits durant cette année) par le nombre de systèmes de chauffage vendus en Suisse pour la rénovation (les ventes destinées aux constructions neuves étant exclues). La formule est donc :

$$A_a = \frac{B_a - B_{n,a}}{(C_a - B_{n,a})}$$

(Formule 3)

B_a	= Nombre total de bâtiments en Suisse à la fin de l'année a
$B_{n,a}$	= Nombre total de bâtiments nouvellement construits en Suisse durant l'année a
C_a	= Nombre total de systèmes de chauffages vendus en Suisse durant l'année a

Ces calculs font intervenir l'hypothèse conservatrice suivante : tous les bâtiments (existants et nouvellement construits) sont équipés d'un seul et unique système de chauffage. Cette hypothèse tend ainsi à minimiser la valeur de A_a .

Pour le calcul des RCE des années 2024, 2025 et 2026 inclus : $A_{moy} = 40$ ans.

Voir détails dans le fichier ***Excel Calcul de l'âge moyen des chauffages.xlsx***.

Cette valeur sera réactualisée au premier trimestre 2028 avec les dernières données statistiques disponibles.

Le facteur d'actualisation est calculé en fonction du taux d'actualisation et de la durée de créditisation selon la formule suivante :

$$f_{Ac} = \frac{1 + \left(\frac{1}{(1 + \text{taux})^{(D_c - 1)}} \right)}{2}$$

(Formule 4)

f_{Ac}	= Facteur d'actualisation
taux	= Taux d'actualisation
D_c	= Durée de créditisation de l'Action ou Projet (ans)

De façon générale dans le cadre du Standard genevois d'évaluation, le taux d'actualisation (taux) pour les Actions ou Projets d'investissement (qui présentent un risque limité de réversibilité) se monte à un 1%. Pour les Actions ou Projets d'optimisation (pour lesquels un risque de réversibilité existe), le taux d'actualisation appliqué est de 4%. Le facteur d'actualisation est à calculer en fonction de la durée de créditisation (durée de vie).

Pour le Plan d'action PA01 – Chaleur Renouvelable, le taux d'actualisation applicable se monte à 1 % et la durée de créditisation à 20 années, ce qui résulte en un facteur d'actualisation de **0.91**.

Le $f_{\text{légal}}$ est la part d'énergie non-renouvelable valorisable. En octobre 2024, le règlement d'application de la loi sur l'énergie impose un minimum légal de 30% d'énergie renouvelable lors du changement de chaudière. A la date de la réalisation de cette version de la méthodologie : $f_{\text{légal}} = 0.7$.

La liste des facteurs d'émission des agents énergétiques fossiles figure dans le Document spécifique du Standard genevois d'évaluation, qui est mise à jour chaque année avec les facteurs d'émission actualisés. La dernière version de ce document sera utilisée chaque année.

Lorsque les consommations des 3 années précédentes sont connues et que les factures de consommation sont à disposition, les émissions de CO₂ peuvent être calculées de la manière suivante :

Chaudière à mazout

$$E = \left(FE_m * C_{av} * Q_{mazout} * f_{légal} - \frac{t_{an} * FE_{\acute{e}} * P}{COP} \right) * \min(A_{moy} - A; A_{max}) * f_{Ac}$$

(Formule 5)

E	= Économie de CO ₂ (tCO ₂)
FE_m	= Facteur d'émission CO ₂ du mazout (tCO ₂ /kWh)
A_{moy}	= Âge de remplacement moyenne Suisse (voir ci-dessus) (ans)
A	= Âge de la chaudière remplacée (ans) :
A_{max}	= Durée de vie maximale de l'installation (ans) : 20
f_{Ac}	= Facteur d'actualisation (voir ci-dessus) (-) : 0.91
C_{av}	= Pouvoir calorifique supérieur du mazout (kWh/L) : 10.5
Q_{mazout}	= Consommation de mazout avant rénovation, moyenne sur 3 années (L)
$f_{légal}$	= Facteur légal (voir ci-dessus) (-)
P	= Puissance de la nouvelle PAC aux conditions A-7/W35 (kW)
$FE_{\acute{e}}$	= Facteur d'émission CO ₂ de l'électricité consommée par la PC (tCO ₂ /kWh _e)
COP	= Coefficient de performance (-) : PAC air-eau : 3 ; PAC sol-eau : 4
P	= Puissance de la nouvelle PAC aux conditions A-7/W35 (kW)
t_{an}	= Heure à pleine charge annuel (h/an) : 2'700 pour les générateurs de chaleur servant de chauffage et à la production d'eau chaude sanitaire (altitude standard jusqu'à 800m)

Chaudière à gaz

$$E = \left(FE_g * Q_{gaz} * f_{légal} - \frac{t_{an} * FE_{\acute{e}} * P}{COP} \right) * \min(A_{moy} - A; A_{max}) * f_{Ac}$$

(Formule 6)

E	= Économie de CO ₂ (tCO ₂)
FE_g	= Facteur d'émission CO ₂ du gaz (tCO ₂ /kWh)
A_{moy}	= Âge de remplacement moyen Suisse (voir ci-dessus) (ans)
A	= Âge de la chaudière remplacée (ans) :
A_{max}	= Durée de vie maximale de l'installation (ans) : 20
f_{Ac}	= Facteur d'actualisation (voir ci-dessus) (-) : 0.91

Q_{gaz}	= Consommation de gaz avant rénovation, moyenne sur 3 années (kWh)
$f_{légale}$	= Facteur légal (voir ci-dessus) (-)
P	= Puissance de la nouvelle PAC aux conditions A-7/W35 (kW)
$FE_{\acute{e}}$	= Facteur d'émission CO ₂ de l'électricité consommée par la PC (tCO ₂ /kWh _é)
COP	= Coefficient de performance (-) : PAC air-eau : 3 ; PAC sol-eau : 4
t_{an}	= Heure à pleine charge annuel (h/an) : 2'700 pour les générateurs de chaleur servant de chauffage et à la production d'eau chaude sanitaire (altitude standard jusqu'à 800m)

2.2 Grand immeubles (puissance ≥ 70 kW)

Les réductions d'émissions de CO₂ se calculent comme suit :

$$E = \left(\frac{FE * f_{légale}}{\eta_{old}} - \frac{FE_{\acute{e}}}{COP} \right) * P * t_{an} * A_{max} * f_{Ac}$$

(Formule 7)

E	= Réduction d'émission de CO ₂ (tCO ₂)
t_{an}	= Heure à pleine charge annuel (h/an) : 2'700 pour les générateurs de chaleur servant de chauffage et à la production d'eau chaude sanitaire (altitude standard jusqu'à 800m)
FE	= Facteur d'émission CO ₂ de l'agent énergétique remplacé (tCO ₂ /kWh _{th})
A_{max}	= Durée de vie maximale de l'installation (ans) : 20
f_{Ac}	= Facteur d'actualisation (détail ci-dessus) : 0.91
$f_{légale}$	= Facteur légal (voir ci-dessus) (-)
η_{old}	= Rendement de l'ancien producteur de chaleur : 0.78 pour chaudière à mazout, 0.82 pour les chaudières à gaz
P	= Puissance de la nouvelle PAC aux conditions A-7/W35 (kW)
COP	= Coefficient de performance (-) : PAC air-eau : 3 ; PAC sol-eau : 4
$FE_{\acute{e}}$	= Facteur d'émission CO ₂ de l'électricité consommée par la PAC (tCO ₂ /kWh _é)

Lorsque les consommations des 3 années précédentes sont connues et que les factures de consommation sont à disposition, les émissions de CO₂ peuvent être calculées de la manière suivante :

Chaudière à mazout

$$E = \left(FE_m * C_{av} * Q_{mazout} * f_{légal} - \frac{t_{an} * FE_e * P}{COP} \right) * A_{max} * f_{Ac}$$

(Formule 8)

E	= Économie de CO ₂ (tCO ₂)
FE_m	= Facteur d'émission CO ₂ du mazout (tCO ₂ /kWh)
A_{max}	= Durée de vie maximale de l'installation (ans) : 20
f_{Ac}	= Facteur d'actualisation (voir ci-dessus) (-) : 0.91
C_{av}	= Pouvoir calorifique supérieur du mazout (kWh/L) : 10.5
Q_{mazout}	= Consommation de mazout avant rénovation, moyenne sur 3 années (L)
$f_{légal}$	= Facteur légal (voir ci-dessus) (-)
P	= Puissance de la nouvelle PAC aux conditions A-7/W35 (kW)
FE_e	= Facteur d'émission CO ₂ de l'électricité consommée par la PC (tCO ₂ /kWh _e)
COP	= Coefficient de performance (-) : PAC air-eau : 3 ; PAC sol-eau : 4
P	= Puissance de la nouvelle PAC aux conditions A-7/W35 (kW)
t_{an}	= Heure à pleine charge annuel (h/an) : 2'700 pour les générateurs de chaleur servant de chauffage et à la production d'eau chaude sanitaire (altitude standard jusqu'à 800m)

Chaudière à gaz

$$E = \left(FE_g * Q_{gaz} * f_{légal} - \frac{t_{an} * FE_e * P}{COP} \right) * A_{max} * f_{Ac}$$

(Formule 9)

E	= Économie de CO ₂ (tCO ₂)
FE_g	= Facteur d'émission CO ₂ du gaz (tCO ₂ /kWh)
A_{max}	= Durée de vie maximale de l'installation (ans) : 20
f_{Ac}	= Facteur d'actualisation (voir ci-dessus) (-) : 0.91
Q_{gaz}	= Consommation de gaz avant rénovation, moyenne sur 3 années (kWh)
$f_{légal}$	= Facteur légal (voir ci-dessus) (-)
P	= Puissance de la nouvelle PAC aux conditions A-7/W35 (kW)

$FE_{\acute{e}}$	= Facteur d'émission CO ₂ de l'électricité consommée par la PC (tCO ₂ /kWh _é)
COP	= Coefficient de performance (-) : PAC air-eau : 3 ; PAC sol-eau : 4
t_{an}	= Heure à pleine charge annuel (h/an) : 2'700 pour les générateurs de chaleur servant de chauffage et à la production d'eau chaude sanitaire (altitude standard jusqu'à 800m)

C. Contrôle qualité

Les installations sont contrôlées par échantillonnage pour vérifier la conformité des équipements installés et la qualité de l'installation.