Outil comparateur de modes de chauffage et de refroidissement

Note explicative méthodologique / 19 février 2026

1004888

Ce dossier a été réalisé par :

Elcimaï Environnement

Conseil et *I*nnovation pour la Transition Écologique

City Park Bâtiment B

23 avenue de Poumeyrol

69300 Caluire et Cuire

Tél : 04.37.45.29.29

Date	Nom	Rôle
18/12/2024	**Denis PONCET - ELCIMAI** Tél. : 06.13.62.42.33 dponcet@elcimai.com	Rédacteur
19/02/2026	**Rémi Beaulieu** Tél. : 04.72.74.31.11 rbeaulieu@amorce.asso.fr	Responsable Validation et mise à jour

Sommaire

CHAPITRE 1 NOTICE D'UTILISATION 4

1/ Portée de l'outil 4

2/ Valeurs nécessaires et obligatoires 5

3/ Outils « Détails » de l'interface WEB 5

CHAPITRE 2 CALCULS DE REFERENCE 7

1/ Technique 7

2/ Économique 34

3/ Environnemental 55

CHAPITRE 3 GLOSSAIRE 61

CHAPITRE 4 GUIDE PAS A PAS 62

Chapitre 1 Notice d'utilisation

1/ Portée de l'outil

Cet outil de comparaison permet aux utilisateurs d'évaluer différents systèmes de chauffage et de refroidissement sur trois aspects essentiels : technique, économique et environnemental. Grâce à une approche en coût global, l'outil analyse les performances des systèmes sur toute leur durée de vie, en tenant compte des coûts d'installation, d'exploitation, d'entretien, ainsi que des impacts environnementaux tels que les émissions de CO_2.

L'outil réalise des comparatifs à partir d'une adresse et de la typologie du bâtiment. Les calculs sont ensuite réalisés à partir de ratios prédéfinis. Ces ratios peuvent être modifié par l'utilisateur pour représenter plus fidèlement ces conditions. Les estimations sont réalisées à iso-années pour tous les modes de chauffage. **La version actuelle est basée sur l'année 2023.**

Deux niveaux d'utilisation sont proposés pour s'adapter à différents profils d'utilisateurs :

- Niveau grand public (simplifié) : conçu pour les utilisateurs non-experts, ce mode propose une interface intuitive avec des valeurs prédéfinies pour faciliter la comparaison. Il permet une évaluation rapide des coûts globaux et des impacts environnementaux sans nécessiter de connaissances techniques approfondies. Il est volontairement limité aux modes de chauffage fossiles, afin de privilégier les cibles prioritaires des réseaux de chaleur.
- Niveau technicien (avancé) : destiné aux utilisateurs plus expérimentés (bureaux d'étude, collectivités), ce mode offre une plus grande flexibilité en permettant de modifier en détail un large éventail de variables. Il permet une analyse plus fine et personnalisée des systèmes en fonction des spécificités du projet. Il comprend également des modes de chauffage non-fossiles : pompes à chaleur, radiateurs électriques, chaudières biomasse, … Le comparatif sur les modes de refroidissement est disponible dans ce mode uniquement.

Cet outil a une portée pédagogique, permettant aux utilisateurs de mieux comprendre les implications techniques, économiques et environnementales des différentes options de chauffage et de refroidissement. Si la version avancée offre une aide à la décision pour les techniciens et décideurs, **cet outil ne remplace pas les études de faisabilité technico-économique**. Seules ces dernières, réalisées par des experts, peuvent offrir des incertitudes réduites et des résultats adaptés au projet. **Cet outil ne peut servir de justification pour une demande de dérogation du classement automatique des réseaux de chaleur et de froid.**

Cet outil prend la suite d'RCE33, outil développé par l'association AMORCE. L'association AMORCE pilote le projet, le **bureau d'études Elcimaï** y a apporté son expertise technique et France Chaleur Urbaine a mis en place la version disponible en ligne. Cet outil bénéficie d'un financement du programme européen **Heat&Cool LIFE**, piloté par la Région Sud, qui vise à développer des outils dans l'objectif de développer les réseaux de chaleur et de froid vertueux. La mise en place de l'interface en ligne est financée sur le budget de **France Chaleur Urbaine**.

2/ Valeurs nécessaires et obligatoires

L'outil proposé intègre différentes méthodes de calcul pour s'adapter à son utilisateur. Deux volets sont proposés, l'un concernant un usage technicien. Cet usage prend en compte un niveau de connaissance plus approfondie du logement. L'autre volet considère le grand public, avec comme variable d'entrée le DPE du logement par exemple et la surface de son logement.

Il n'est pas conseillé de comparer les coûts des modes collectifs avec des modes individuels. Les coûts inférant aux travaux nécessaires pour passer un bâtiment résidentiel d'un chauffage individuel (par exemple chaudières murales) à un chauffage collectif (par exemple réseau de chaleur) **ne peuvent être considérés dans notre outil**. De plus, il n'existe parfois pas l'espace pour créer une sous-station d'échange ou une production centralisée de chaleur.

Les coûts d'investissement du réseau secondaire et des émetteurs ne sont pas pris en compte : nous considérons qu'ils sont trop variables et similaires entre les solutions collectives.

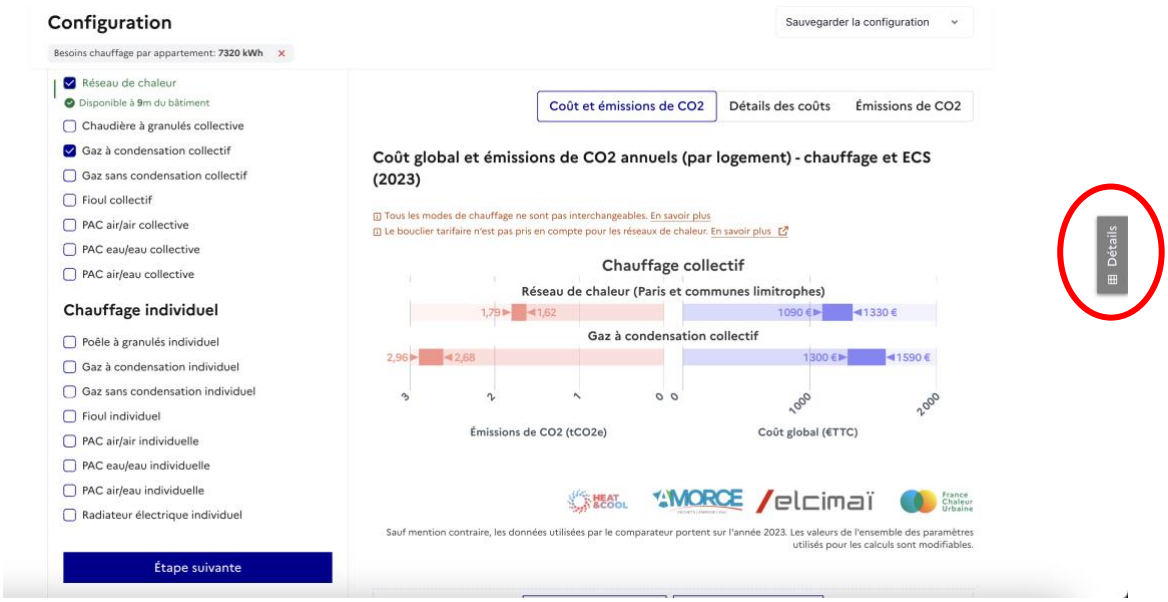
Que ce soit pour le mode **grand public ou technicien**, les valeurs minimales à remplir sont :

- L'adresse du bâtiment,
- La typologie du bâtiment (tertiaire ou résidentiel),

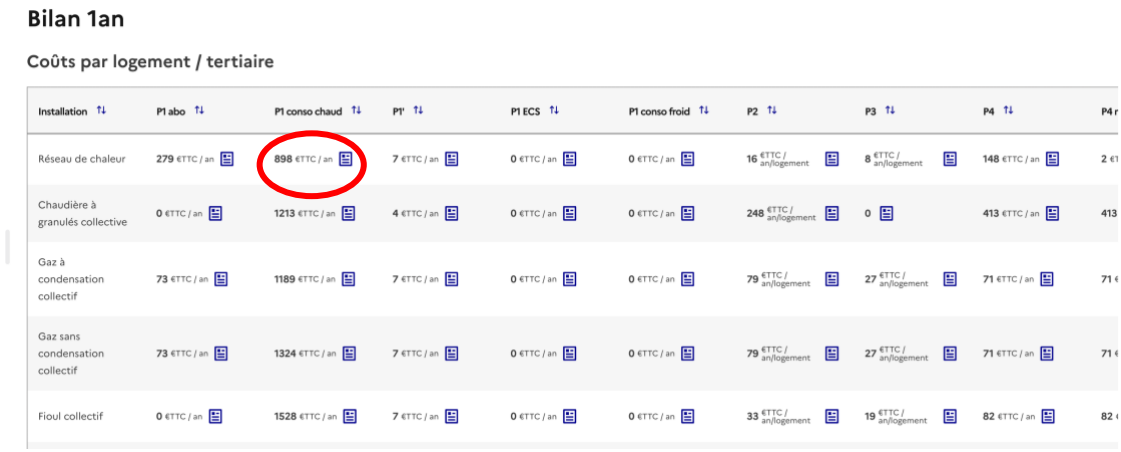
Les autres paramètres sont complétés avec des valeurs par défaut.

3/ Outils « Détails » de l'interface WEB

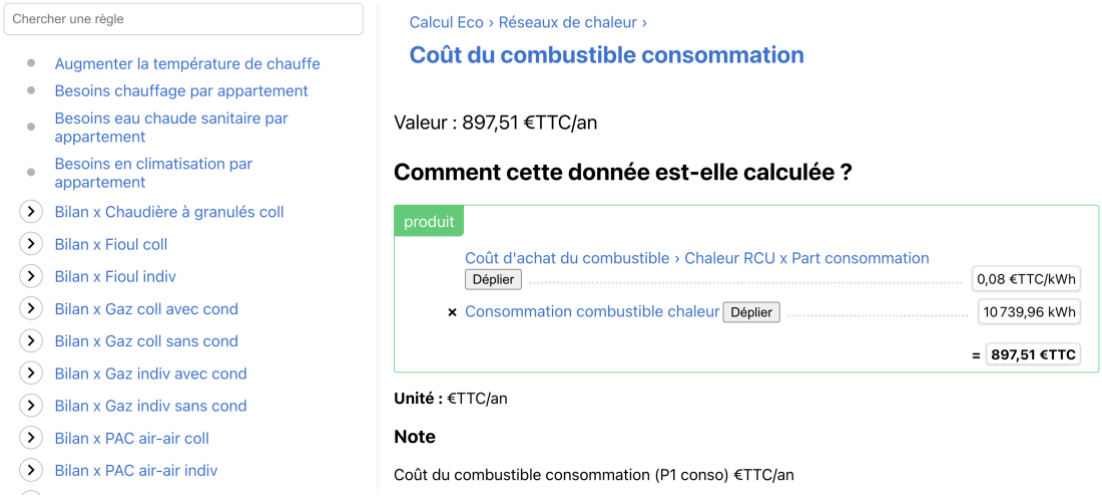
L'interface web propose un onglet « Détails », très utile qui permet de remonter de manière dynamique les calculs. Il peut permettre de mieux comprendre les calculs et hypothèses de l'outil. Il est accessible sur la version avancée de l'outil, sur la partie droite de l'écran.



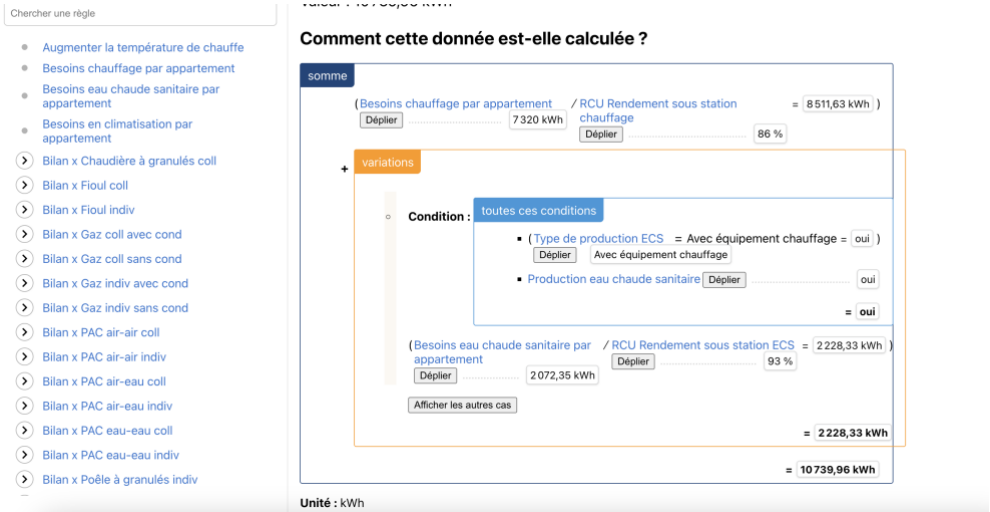
En cliquant sur l'onglet « détail », un tableau apparait avec les différents résultats de calculs.



Cliquer sur l'icône de tableau permet de d'accéder au moteur de calcul, avec notamment, ici par exemple sur la formule calculant la part de variable du réseau de chaleur.



Le détail des calculs des valeurs intermédiaires et lui aussi accessible en cliquant sur les formules, par exemple ici pour accéder au calcul de la consommation de chaleur du logement raccordé au RCU.



Chapitre 2 Calculs de référence

1/ Technique

Ce sont des calculs basés sur un scénario d'utilisation conventionnelle. Certains éléments impactant les consommations réelles ne sont accessibles ou quantifiables et ne sont donc pas pris en compte dans les calculs. On suppose donc une occupation conventionnelle des logements.

1.1/ Description des besoins

1.1.1/ Besoins de Chauffage

Les besoins en chauffage sont la quantité énergétique nécessaire à un logement. Cette quantité est déterminée en fonction des caractéristiques de l'habitation et de sa position géographique. Par exemple les besoins en chauffage d'un chalet qui se situe à la montagne ne sont pas identiques à ceux d'un bâtiment au bord de la Méditerranée.

Selon l'ADEME, le chauffage représente environ 60 à 70 % de la consommation d'énergie dans les logements en France. Cette part est influencée par le climat tempéré de la France, qui nécessite un chauffage pendant une grande partie de l'année appelée la période de chauffe.

1.1.2/ Besoin en Eau chaude sanitaire

L'ADEME estime que la production d'eau chaude sanitaire représente environ 15 à 20 % de la consommation énergétique totale des ménages français. Les principaux systèmes de production d'ECS utilisés dans les logements comprennent les chauffe-eaux électriques, les chaudières à gaz et les chauffe-eaux solaires. La transition vers des solutions plus efficaces sur le plan énergétique, telles que les chauffe-eaux thermodynamiques et les chauffe-eaux solaires, est également encouragée pour réduire la consommation d'énergie et les émissions de CO2. Les chauffe-eaux thermodynamiques ne sont pas traités dans l'outil à l'heure actuelle.

1.1.3/ Besoin de Climatisation

La climatisation devient un enjeu croissant en raison de vagues de chaleur de plus en plus fréquentes. Bien que les données sur l'utilisation de la climatisation soient moins disponibles, les systèmes de climatisation individuels et les climatiseurs centralisés sont utilisés pour maintenir le confort thermique pendant les périodes de chaleur intense. Cependant, l'accent est mis sur une utilisation responsable pour minimiser l'impact sur la consommation d'énergie et l'environnement.

1.2/ La répartition des besoins

Afin de concevoir des systèmes de production énergétique adaptés et efficaces, il est important de comprendre les besoins en chauffage, en eau chaude sanitaire et en refroidissement. Dans un premier temps l'objectif est de calculer nos besoins énergétiques afin de connaitre le débit d'énergie associé à notre système.

1.2.1/ Chauffage

Avec des bâtiments de plus en plus isolés thermiquement, les besoins thermiques sont de plus en plus faibles. Afin de calculer les besoins résidentiels et tertiaires, nous avons fait appel à des ratios de consommations énergétiques.

Pour calculer les besoins de chauffage résidentiels, nous utilisons les besoins spécifiques énergétiques définis par le DPE du bâtiment, sa norme thermique ou l'âge du bâtiment.

Pour calculer les besoins de chauffage tertiaire, nous utilisons des ratios de consommations spécifiques en fonction de la norme thermique du bâtiment ou de la moyenne française issue du CEREN que nous corrigeons en fonction des DJU spécifiques, par rapport aux DJU de référence, à partir de bases de données moyennées. Ainsi, la température moyenne de chauffage a été estimée à 20°C.

/ Les variables

DPE : Le diagnostic de performance énergétique renseigne sur la performance énergétique et climatique d'un logement ou d'un bâtiment, en évaluant sa consommation d'énergie et son impact en termes d'émissions de gaz à effet de serre.

Pour calculer les besoins résidentiels à base des DPE nous appliquons la formule suivante :

$$B_{cha} = Conso_{spé} \times Surface \times \frac{DJU_{spe}}{DJU_{ref}}$$

- $\text{Conso}_{\text{spe}} = Consommation\ spécifique\ en\ fonction\ du\ DPE : \frac{kWh}{m^2 \times an}$
- $\text{Surface} = Surface\ du\ bâtiment\ : m^2$
- $DJU_{spe} = DJU\ spécifique\ à\ la\ zone\ géographique$
- $DJU_{ref} = DJU\ de\ référence$

RT : Les réglementations environnementales des bâtiments sont un dispositif qui encadre les caractéristiques thermiques des bâtiments. Parmi les 6 Règlementations Thermiques (RT) qui se sont succédé en 9 ans nous retenons les 4 dernières qui se concentrent sur la performance énergétique des bâtiments, le confort d'été et la consommation d'énergie primaire.

Pour calculer les besoins résidentiels sur la base des RT nous appliquons la formule suivante :

$$B_{cha}(kWh) = Conso_{spé} \times DJU_{spe} \times Surface \times Hauteur \times \frac{24}{1000}$$

- $Conso_{spe} = Consommation\ spécifique\ en\ fonction\ du\ RT : \frac{W}{m^3 \times °C}$
- $Surface = Surface\ du\ bâtiment\ : m^2$
- $Hauteur = Hauteur\ du\ batiment : m$
- $24 = facteur\ ramenant\ la\ consommation\ spécifique\ par\ jour : Wh$
- $1000 = Facteur\ pour\ ramener\ à\ des\ kWh$

Age du bâtiment : Ici les consommations énergétiques dépendent de l'âge du bâtiment et concernent les bâtiments résidentiels entre 1974 et 2000.

$$B_{cha} = Conso_{spé} \times Surface \times Hauteur \times \frac{DJU_{spe}}{DJU_{ref}}$$

- $Conso_{spe} = Consommation\ spécifique\ en\ fonction\ de\ l'age\ du\ batiment : \frac{W}{m^3 \times °C}$
- $Hauteur = Hauteur\ moyenne, estimée\ à\ 2{,}2\ mètres$
- $Surface = Surface\ du\ bâtiment\ : m^2$
- $DJU_{spe} = DJU\ spécifique\ à\ la\ zone\ géographique$
- $DJU_{ref} = DJU\ de\ référence$

Ratio de consommation énergétique : Pour calculer les besoins tertiaires nous nous basons sur des ratios de consommation énergétique propres aux zones climatiques en France.

$$B_{cha} = Conso_{spé} \times Surface \times \frac{DJU_{spe}}{DJU_{ref}}$$

- $Conso_{spe} = Consommation\ spécifique\ en\ fonction\ de\ la\ typologie\ du\ batiment\ et\ de\ la\ zone\ climatique : \frac{kWef}{m^2.an}$
- $Surface = Surface\ du\ bâtiment\ : m^2$
- $DJU_{spe} = DJU\ spécifique\ à\ la\ zone\ géographique$
- $DJU_{ref} = DJU\ de\ référence$

Les conditions limites

Avec ces méthodes de calcul :

- Nous ne prenons pas en compte la consommation d'ECS et d'éclairage compris dans le calcul du DPE.
- Les DJU de référence sont fixés à 2200
- La surface moyenne de référence d'un bâtiment est de 70m2 (source : INSEE)
- La hauteur moyenne des bâtiments en France est de 2.2m (source : Standard Loi Boutin)

Exemple

Prenons comme exemple un logement de 50 m^2 en Savoie avec un DPE de classe énergétique D.

$$B_{cha} = Conso_{spé} \times Surface \times \frac{DJU_{spe}}{DJU_{ref}} = 165 \times 50 \times \frac{2357}{2500} = 4\,039 kWh$$

- $\text{Conso}_{\text{spe}} = Consommation\ spécifique\ à\ un\ DPE\ de\ classe\ D : 165 \frac{kWh}{m^2 \times an}$
- $\text{Surface} = Surface\ du\ bâtiment\ : 50\ m^2$
- $DJU_{spe} = DJU\ spécifique\ au\ département\ de\ la\ savoie : 2357$
- $DJU_{ref} = DJU\ de\ référence : 2200$

Sources

Les DJUs sont calculés en fonction de la température de référence extérieure de 18°C :

- Les DJU spécifiques à la zone géographique du bâtiment sont à la maille départementale. Pour chaque département est calculé le DJU moyen sur une période 10 ans, de 2013 à 2023.
- Le DJU de référence se base sur la méthode de calcul de RCE33.

Les valeurs par défaut des consommations spécifiques en fonction du diagnostic de performance énergétique sont les suivantes :

DPE	Consommation_spé	Unité	Sources
A	45	kWh/m²/an	Ministère de la transition écologique
B	70	kWh/m²/an	Ministère de la transition écologique
C	115	kWh/m²/an	Ministère de la transition écologique
D	165	kWh/m²/an	Ministère de la transition écologique
E	215	kWh/m²/an	Ministère de la transition écologique
F	275	kWh/m²/an	Ministère de la transition écologique
G	300	kWh/m²/an	Ministère de la transition écologique

Les valeurs par défaut des consommations spécifiques en fonction des réglementations environnementales sont les suivantes :

Régulation thermique ou age du batiment	Consommation_ spé	Unités	Sources
RE2020 - Après 2020	0,18	W/m3.°C	https://www.abcclim.net/calcul-bilan-thermique.html
RT2012 - Entre 2012 et 2020	0,22	W/m3.°C	https://www.abcclim.net/calcul-bilan-thermique.html
RT2005 - Entre 2005 et 2012	0,65	W/m3.°C	https://www.abcclim.net/calcul-bilan-thermique.html
RT2000 - Entre 2000 et 2005	0,75	W/m3.°C	https://www.abcclim.net/calcul-bilan-thermique.html
de 1990 à 2000	1	W/m3.°C	https://www.cedeo.fr/conseils/comment-calculer-les-deperditions-thermiques-et-la-puissance-de-chauffe-dun-batiment
de 1974 à 1990	1,4	W/m3.°C	https://www.cedeo.fr/conseils/comment-calculer-les-deperditions-thermiques-et-la-puissance-de-chauffe-dun-batiment
avant 1974	2	W/m3.°C	https://www.cedeo.fr/conseils/comment-calculer-les-deperditions-thermiques-et-la-puissance-de-chauffe-dun-batiment

Les valeurs par défaut des consommations spécifiques des besoins des bâtiments tertiaires en fonction de la norme thermique ou de la moyenne française 2021 :

Bâtiments tertiaires	Consommation_spé	Unités	Sources
Bureaux RE2020	50	kWhef/m².an	Elcimaï
Bureaux RT2012	65	kWhef/m².an	Elcimaï
Bureaux Moyenne française 2021	95	kWhef/m².an	CEREN
Enseignement secondaire RE2020	40	kWhef/m².an	Elcimaï
Enseignement secondaire RT2012	55	kWhef/m².an	Elcimaï
Enseignement secondaire Moyenne française 2021	81	kWhef/m².an	CEREN
Commerces RE2020	40	kWhef/m².an	Elcimaï
Commerces RT2012	55	kWhef/m².an	Elcimaï
Commerces Moyenne française 2021	74	kWhef/m².an	CEREN
Café, restaurant RE2020	100	kWhef/m².an	Elcimaï
Café, restaurant RT2012	100	kWhef/m².an	Elcimaï
Café, restaurant Moyenne française 2021	106	kWhef/m².an	CEREN
Hôtel RE2020	45	kWhef/m².an	Elcimaï
Hôtel RT2012	55	kWhef/m².an	Elcimaï
Hôtel Moyenne française 2021	83	kWhef/m².an	CEREN
Enseignement primaire RE2020	50	kWhef/m².an	Elcimaï
Enseignement primaire RT2012	65	kWhef/m².an	Elcimaï
Enseignement primaire Moyenne française 2021	81	kWhef/m².an	CEREN
Sport RE2020	30	kWhef/m².an	Elcimaï
Sport RT2012	45	kWhef/m².an	Elcimaï
Sport Moyenne française 2021	97	kWhef/m².an	CEREN
Santé RE2020	35	kWhef/m².an	Elcimaï
Santé RT2012	55	kWhef/m².an	Elcimaï
Santé Moyenne française 2021	100	kWhef/m².an	CEREN
EHPAD RE2020	55	kWhef/m².an	Elcimaï
EHPAD RT2012	75	kWhef/m².an	Elcimaï
EHPAD Moyenne française 2021	110	kWhef/m².an	Elcimaï
Commerces RT2012	50	kWhef/m².an	Elcimaï
Commerces Moyenne française 2021	65	kWhef/m².an	Elcimaï

1.2.2/ ECS

/ Les variables

Pour calculer les besoins énergétiques pour l'eau chaude sanitaire des bâtiments tertiaires, nous utilisons des ratios de consommations spécifiques en fonction de la norme thermique ou de la moyenne française 2021 :

$$B_{cha}(kWh) = Conso_{spé} \times Surface$$

- $Conso_{spe} = Consommation\ spécifique\ en\ fonction\ de\ la\ typologie\ du\ batiment\ et\ de\ la\ zone\ climatique : \frac{kWef}{m^2.an}$
- $Surface = Surface\ du\ bâtiment\ : m^2$

Pour calculer les besoins énergétiques pour l'eau chaude sanitaire des bâtiments résidentiels, nous utilisons des ratios de consommations moyens en fonction du nombre d'habitants dans le logement :

$$B_{cha}\ (kWh) = Conso_{moyenne} \times Nb_{hab}$$

- $Conso_{moyenne} = Consommation\ moyenne\ par\ habitant\ (kWh)$
- $Nb_{hab} = Nombre\ d'habitant\ dans\ le\ logement$

/ Exemple

Pour appliquer notre méthode de calcul, prenons l'exemple de bureaux d'environ 50m^2 dans les Alpes-Maritimes. Ils se situent alors dans la zone climatique H3 correspondant à une consommation de 7 kWef/m2.an.

$$B_{cha} = Conso_{spé} \times Surface = 7 \times 50 = 350kWef/an$$

- $Conso_{spe} = Consommation\ spécifique\ en\ fonction\ de\ la\ typologie\ du\ batiment\ et\ de\ la\ zone\ climatique : \frac{kWef}{m^2.an}$
- $Surface = Surface\ du\ bâtiment\ : m^2$

/ Sources

Les valeurs par défaut des consommations spécifiques en fonction de la typologie du bâtiment et de la zone climatique sont les suivantes :

Type de batiments	Consommations spécifique	Unités	Sources
Résidentiel	955 / équivalent 50 litres d'eau chaude par an, par habitant	kWh/hab	ELCIMAI
Bureaux RE2020	7	kWhef/m2.an	ELCIMAI
Bureaux RT2012	7	kWhef/m2.an	ELCIMAI

Bureaux Moyenne française 2021	7	kWhef/m2.an	ELCIMAI
Enseignement secondaire RE2020	5	kWhef/m2.an	ELCIMAI
Enseignement secondaire RT2012	5	kWhef/m2.an	ELCIMAI
Enseignement secondaire Moyenne française 2021	5	kWhef/m2.an	ELCIMAI
Commerces RE2020	0	kWhef/m2.an	ELCIMAI
Commerces RT2012	0	kWhef/m2.an	ELCIMAI
Commerces Moyenne française 2021	0	kWhef/m2.an	ELCIMAI
Café, restaurant RE2020	15	kWhef/m2.an	ELCIMAI
Café, restaurant RT2012	15	kWhef/m2.an	ELCIMAI
Café, restaurant Moyenne française 2021	15	kWhef/m2.an	ELCIMAI
Hôtel RE2020	40	kWhef/m2.an	ELCIMAI
Hôtel RT2012	40	kWhef/m2.an	ELCIMAI
Hôtel Moyenne française 2021	40	kWhef/m2.an	ELCIMAI
Enseignement primaire RE2020	12,5	kWhef/m2.an	ELCIMAI
Enseignement primaire RT2012	12,5	kWhef/m2.an	ELCIMAI
Enseignement primaire Moyenne française 2021	12,5	kWhef/m2.an	ELCIMAI
Sport RE2020	10	kWhef/m2.an	ELCIMAI
Sport RT2012	10	kWhef/m2.an	ELCIMAI
Sport Moyenne française 2021	10	kWhef/m2.an	ELCIMAI
Santé RE2020	20	kWhef/m2.an	ELCIMAI
Santé RT2012	20	kWhef/m2.an	ELCIMAI
Santé Moyenne française 2021	20	kWhef/m2.an	ELCIMAI
EHPAD RE2020	30	kWhef/m2.an	ELCIMAI
EHPAD RT2012	30	kWhef/m2.an	ELCIMAI
EHPAD Moyenne française 2021	30	kWhef/m2.an	ELCIMAI

1.2.3/ Rafraîchissement

Pour calculer les besoins de rafraichissement, nous considérons la température de déclenchement de la climatisation à 24°C. Les ratios proviennent de l'ADEME (*Les futurs en transition*).

/ Les variables

Pour calculer les besoins énergétiques en rafraichissement des bâtiments résidentiels et tertiaires, nous utilisons des ratios de consommations spécifiques en fonction de la zone climatique (H1, H2 et H3).

$$B_{fra}(kWh) = Conso_{spé} \times Surface$$

- $Conso_{spe} =$ *Consommation spécifique en fonction de la typologie du batiment et de la zone climatique* : $\frac{kWef}{m^2.an}$
- $Surface = Surface\ du\ bâtiment$: m^2

/ Les conditions limites (si existantes)

Pas de conditions aux limites.

/ Exemple

Pour appliquer notre méthode de calcul, prenons l'exemple d'un bâtiment d'enseignement secondaire d'environ 50m^2 Charente-Maritime. Il se situe alors dans la zone climatique H2 correspondant à une consommation de 10 kWef/m2.an.

$$B_{cha} = Conso_{spé} \times Surface = 10 \times 50 = 500kWef/an$$

- $Conso_{spe} =$ *Consommation spécifique en fonction de la typologie du batiment et de la zone climatique* : $\frac{kWef}{m^2.an}$
- $Surface = Surface\ du\ bâtiment$: m^2

/ Sources

Les valeurs par défaut des consommations spécifiques en fonction de la typologie du bâtiment et de la zone climatique sont les suivantes :

Typologie du bâtiment	Consommations spécifiques	Unités	Sources
BureauxH1a	29	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
BureauxH1b	29	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
BureauxH1c	29	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
BureauxH2a	7	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
BureauxH2b	29	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050

BureauxH2c	40	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
BureauxH2d	40	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
BureauxH3	68	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
CommercesH1a	32	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
CommercesH1b	32	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
CommercesH1c	32	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
CommercesH2a	8	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
CommercesH2b	32	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
CommercesH2c	44	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
CommercesH2d	44	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
CommercesH3	74	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
SantéH1a	77	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
SantéH1b	77	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
SantéH1c	77	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
SantéH2a	24	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
SantéH2b	77	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
SantéH2c	100	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
SantéH2d	100	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
SantéH3	152	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
HôtelH1a	35	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
HôtelH1b	35	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
HôtelH1c	35	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
HôtelH2a	9	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
HôtelH2b	35	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
HôtelH2c	48	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
HôtelH2d	48	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
HôtelH3	82	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
SportH1a	18	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
SportH1b	18	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
SportH1c	18	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
SportH2a	5	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
SportH2b	18	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
SportH2c	25	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
SportH2d	25	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
SportH3	42	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
Enseignement secondaireH1a	29	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
Enseignement secondaireH1b	29	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050

Enseignement secondaireH1c	29	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
Enseignement secondaireH2a	7	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
Enseignement secondaireH2b	29	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
Enseignement secondaireH2c	40	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
Enseignement secondaireH2d	40	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
Enseignement secondaireH3	68	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
Enseignement primaireH1a	29	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
Enseignement primaireH1b	29	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
Enseignement primaireH1c	29	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
Enseignement primaireH2a	7	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
Enseignement primaireH2b	29	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
Enseignement primaireH2c	40	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
Enseignement primaireH2d	40	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
Enseignement primaireH3	68	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
RésidentielH1a	5	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
RésidentielH1b	5	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
RésidentielH1c	17	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
RésidentielH2a	2	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
RésidentielH2b	5	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
RésidentielH2c	17	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
RésidentielH2d	43	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
RésidentielH3	56	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
EHPADH1a	77	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
EHPADH1b	77	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
EHPADH1c	77	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
EHPADH2a	24	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
EHPADH2b	77	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
EHPADH2c	100	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
EHPADH2d	100	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
EHPADH3	152	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050

Café, restaurantH1a	32	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
Café, restaurantH1b	32	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
Café, restaurantH1c	32	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
Café, restaurantH2a	8	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
Café, restaurantH2b	32	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
Café, restaurantH2c	44	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
Café, restaurantH2d	44	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050
Café, restaurantH3	74	kWhef/m2.an	ADEME – Transition 2050

1.3/ Installations

Une fois que nous connaissons les besoins énergétiques, nous pouvons calculer les différentes puissances associées, notamment les puissances de chauffage et de climatisation ainsi que la puissance nécessaire à la production d'eau chaude sanitaire. Nous pourrons enfin calculer la puissance de l'installation en fonction des besoins qu'elle couvre. Finalement, nous estimerons la consommation en combustibles, la consommation des auxiliaires et la durée de vie pour chaque installation. Le calcul de la puissance est notamment nécessaire pour calculer le coût des installations.

1.3.1/ Puissance de chauffage

Catégorie	Source	Année de la donnée	Fréquence maximum MAJ
Facteur de surpuissance	ELCIMAI	2024	
Température de Non-Chauffage	ELCIMAI	2024	
Coefficient d'intermittence	ELCIMAI	2024	
Degré Jour Unifié	COSTIC	2023	Annuel
Température de référence	Norme AFNOR	2010	

/ Les variables

La puissance nécessaire pour le chauffage se définit telle que :

$$P_{chauffage} = \frac{Q_c}{NHFPP} \cdot (1 + F_{sur_{puissance}})$$

- $Q_c = Besoin\ en\ chauffage\ calculé\ précédemment : kWh$
- $F_{sur_{puissance}} = Facteur\ de\ surpuissance, permet\ de\ prendre\ une\ marge\ sur\ la\ puissance\ nécessaire$
- $NHFPP = Nombre\ d'Heure\ de\ Fonctionnement$ à $Pleine\ Puissance : heure$

Ce dernier paramètre correspond au calcul suivant :

$$NHFPP = NHFPP_{CC} \cdot CI$$

Avec,

- $NHFPP_{CC} = Nombre\ d'Heure\ de\ Fonctinnement\ à\ Pleine\ Puissance\ chauffage\ continu$

$$NHFPP_{CC} = \frac{DJU \cdot 24}{TNC - T_{base}}$$

  - $DJU = Degré\ Jour\ Unifié\ (base\ 18) : Degré\ Celsius$
  - $TNC = Température\ de\ Non\ Chauffage : Degré\ Celsius$
  - $T_{base} = Température\ de\ base : Degré\ Celsius$
- $CI = Coefficient\ d'intermittence, par\ rapport\ au\ chauffage\ continu$

Cette méthode de calcul a l'avantage de tenir compte des spécificités de la situation de l'utilisateur de l'outil. En effet, le coefficient d'intermittence (CI) traduit le temps de chauffage moyen journalier (un coefficient de 1 traduit un fonctionnement 24h/24). Pour le secteur résidentiel, plus le logement est récent ou bien isolé, plus le CI est faible.
Le DJU traduit de la rigueur climatique de la localisation de l'utilisateur.

Exemple

Admettons que nous sommes dans un bâtiment résidentiel avec la note A pour le DPE ; cela aura un impact sur le coefficient d'intermittence. De plus, supposons que nous sommes situés dans la commune d'Evreux dans département de l'Eure (27) en Normandie ; cela aura un impact sur les paramètres climatiques comme le DJU ou la température de base.

Nous supposons :

Variables de référence	Donnée	Unité
Q_c	100 000	kWh
$F_{sur_puissance}$	20	%
CI	70	%
DJU	2 057	°C
TNC	18	°C
T_{base}	-7	°C

Nous calculons alors :

$$NHFPP_{CC} = \frac{DJU \cdot 24}{TNC - T_{base}} = \frac{2057 \cdot 24}{18 - (-7)} \approx 1975\ heures$$

Cela signifie qu'il faudrait que l'installation fonctionne pendant 1975 heures à pleine puissance pour assurer les besoins en chauffage du bâtiment dans le département de l'Eure (27). Cependant, ce calcul ne tient pas compte du type de bâtiment. C'est pourquoi nous calculons :

$$NHFPP = NHFPP_{CC} \cdot CI = 1975 \cdot 0.70 \approx 1386\ heures$$

Ce calcul correspond au nombre d'heures qu'il faut que l'installation fonctionne à pleine puissance en tenant compte, à la fois de zone géographie et du type de bâtiment considéré. Finalement nous en déduisons la puissance nécessaire pour le chauffage :

$$P_{chauffage} = \frac{Q_c}{NHFPP} \cdot (1 + F_{sur_{puissance}})$$

$$P_{chauffage} = \frac{100\,000}{1386} \cdot (1 + 0{,}20) \approx 87\ kW$$

Pour couvrir les besoins en chauffage, la puissance nécessaire est de 87 kW.

/ Sources

Les valeurs par défaut du calcul de puissance sont les suivants :

Variables de référence	Donnée	Unité	Source
Facteur de surpuissance $F_{sur_puissance}$	20	%	ELCIMAI
Température de Non-Chauffage TNC	18	°C	ELCIMAI
Degré Jour Unifié DJU	Dépend de la commune	°C	COSTIC

Les valeurs par défaut du coefficient d'intermittence (*CI*), en fonction du type de bâtiment, sont les suivantes :

Variables de référence	Donnée	Unité	Source
DPE A	70	%	ELCIMAI
DPE B	70	%	ELCIMAI
DPE C	90	%	ELCIMAI
DPE D	90	%	ELCIMAI
DPE E	100	%	ELCIMAI
DPE F	100	%	ELCIMAI
DPE G	100	%	ELCIMAI

Les valeurs par défaut du coefficient d'intermittence (*CI*), en fonction des normes thermiques ou de l'âge du bâtiment, sont les suivantes :

Variables de référence	Donnée	Unité	Source
RE2020	70	%	ELCIMAI
RT2012	70	%	ELCIMAI
RT2005	90	%	ELCIMAI
RT2000	90	%	ELCIMAI
1990 - 2000	100	%	ELCIMAI
1974 - 2000	100	%	ELCIMAI
avant 1974	100	%	ELCIMAI

Les valeurs par défaut du coefficient d'intermittence (CI), en fonction des usages tertiaires, sont les suivantes :

Variables de référence	Donnée	Unité	Source
Bureaux	80	%	ELCIMAI
Enseignement primaire	80	%	ELCIMAI
Enseignement secondaire	80	%	ELCIMAI
Sport	60	%	ELCIMAI
Centre aqualudique	90	%	ELCIMAI
Santé	90	%	ELCIMAI

1.3.2/ Puissance de production d'ECS

Catégorie	Source	Année de la donnée	Fréquence maximum MAJ
Facteur de surpuissance	ELCIMAI	2024	
Nombre d'Heure de Fonctionnement Non Climatique	ELCIMAI	2024	
Volume du ballon ECS	ELCIMAI	2024	

/ Les variables

De la même manière que pour la puissance de chauffage, la puissance nécessaire pour l'Eau Chaude Sanitaire se définit telle que :

$$P_{ECS} = \frac{Q_{ECS}}{NHFNC} \cdot (1 + F_{sur_{puissance}})$$

- $Q_{ECS} = Besoin\ en\ ECS\ calculé\ précédemment : kWh$
- $NHFNC = Nombre\ d'Heure\ de\ Fonctionnement\ Non\ Climatique : heure$
- $F_{sur_{puissance}} = Facteur\ de\ surpuissance, permet\ de\ prendre\ une\ marge\ sur\ la\ puissance\ nécessaire$

Cependant, contrairement au Nombre d'Heures de Fonctionnement à Pleine Puissance ($NHFPP$) pour la puissance de chauffage, le Nombre d'Heures de Fonctionnement Non Climatique ($NHFNC$) est une valeur fixe qui ne dépend ni de l'isolation thermique du bâtiment ni de la rigueur climatique.

Pour la production d'ECS, nous devons aussi dimensionner le volume du ballon lorsque celui-ci est nécessaire :

$$V_{ballon} = \frac{Q_{ECS} \cdot C_{ECS}}{Nb_{jour\ par\ an}}$$

- $Q_{ECS} = Besoin\ en\ ECS\ annuel\ calculé\ précédemment : kWh$
- $Nb_{jour\ par\ an} = Nombre\ de\ jour\ dans\ une\ année : jour$

- $C_{ECS} = Quantité\ d'ECS\ produite\ par\ kWh\ consommé :\ litre/kWh$

Ce dernier paramètre est obtenu de la manière suivante :

$$C_{ECS} = \frac{3\,600}{C_{p\ eau} \cdot (T_{out} - T_{in})}$$

- $C_{p\ eau} = Capacité\ calorifique\ de\ l'eau : kJ/litre/Degré\ Celcius$
- $T_{in} = Température\ de\ l'eau\ à\ l'entrée\ du\ ballon : Degré\ Celcius$
- $T_{out} = Température\ de\ l'eau\ à\ la\ sortie\ du\ ballon : Degré\ Celcius$
- $3\,600 = Convertion\ de\ kJ\ en\ kWh$

Cette méthode permet de calculer le volume du ballon ECS en fonction des besoins énergétiques et apparait comme étant la plus pertinente au vu de la diversité des usages considérés par l'outil (résidentiel individuel ou collectif, tertiaire etc..).

Les conditions limites (si existantes)

Nous estimons la capacité calorifique de l'eau $C_{p\ eau}$ constante à 4185 J/L/°C.

Exemple

Variables de référence	Donnée	Unité
Q_{ecs}	3 000	kWh
$F_{sur_puissance}$	20	%
$NHFNC$	3 000	heures
$C_{p\ eau}$	4,185	kJ/L/°C
T_{in}	15	°C
T_{out}	55	°C

$$P_{ECS} = \frac{Q_{ECS}}{NHFNC} \cdot (1 + F_{sur_{puissance}})$$

$$P_{ECS} = \frac{3\,000}{3\,000} \cdot (1 + 0{,}20) = 1{,}2\ kW$$

Pour couvrir 3 000 kWh de besoin annuel en eau chaude sanitaire, nous avons besoin d'une puissance de 12 kW.

Puis, nous calculons le volume du ballon nécessaire :

$$C_{ECS} = \frac{3\,600}{C_{p\ eau} \cdot (T_{out} - T_{in})}$$

$$C_{ECS} = \frac{3600}{4{,}185 \cdot (55 - 15)} = 21{,}5\ L/kWh$$

Enfin :

$$V_{ballon} = \frac{Q_{ECS} \cdot C_{ECS}}{Nb_{jour\ par\ an}}$$

$$V_{ballon} = \frac{3\,000 \cdot 21{,}5}{365} = 177\ litres$$

Le volume du ballon nécessaire pour couvrir les besoins en ECS est de 177 litres.

/ Sources

Variables de référence	Donnée	Unité	Source
Facteur de surpuissance $F_{sur_puissance}$	20	%	ELCIMAI
Nombre d'Heure de Fonctionnement Non Climatique $NHFNC$	3 000	Heures	ELCIMAI
Capacité calorique de l'eau $C_{p\ eau}$	4,185	kJ/L/°C	ELCIMAI
Température à l'entrée du ballon T_{in}	15	°C	ELCIMAI
Température à la sortie du ballon T_{out}	55	°C	ELCIMAI

1.3.3/ Puissance de climatisation

Catégorie	Source	Année de la donnée	Fréquence maximum MAJ
Facteur de surpuissance	ELCIMAI	2024	
Température de climatisation	ELCIMAI	2024	
Coefficient d'intermittence	ELCIMAI	2024	
Degré Jour Unifié froid	CEGIBAT	2023	Annuel
Température de référence	ELCIMAI	2024	

/ Les variables

La puissance de climatisation se calcule de la même manière que la puissance de chauffage :

$$P_{clim} = \frac{Q_{clim}}{NHFPPf} \cdot (1 + F_{sur_{puissance}})$$

- $Q_c = Besoin\ en\ chauffage\ calculé\ précédemment : kWh$
- $F_{sur_{puissance}} = Facteur\ de\ surpuissance, permet\ de\ prendre\ une\ marge\ sur\ la\ puissance\ nécessaire$
- $NHFPPf = Nombre\ d'Heure\ de\ Fonctionnement\ à\ Pleine\ Puissance\ froid : heure$

Ce dernier paramètre correspond au calcul suivant :

$$NHFPPf = NHFPP_{CC} \cdot CI$$

Avec,

- $NHFPP_{CC} =$ *Nombre d'Heure de Fonctinnement à Pleine Puissance climatisation continu*

$$NHFPP_{CC} = \frac{DJU_f \cdot 24}{|T_{clim} - T_{ref\ froid}|}$$

  - $DJU_f = Degré\ Jour\ Unifié$ froid $(base\ 24) : Degré\ Celsius$
  - $T_{clim} = Température\ de\ déclenchement\ de\ la\ climatisation$: $Degré\ Celsius$
  - $T_{ref\ froid} = Température\ de\ référence\ froid : Degré\ Celsius$
- $CI = Coefficient\ d'intermittence, permet\ de\ prendre\ en\ compte\ l'isolation\ thermique\ du\ bâtiment\ considéré$

La température de référence froid $T_{ref\ froid}$ est calculée à partir de la température de référence chaud, utilisé pour le chauffage, à laquelle nous ajoutons 35°C : $T_{ref\ froid} = T_{ref} + 35$. Cela permet de prendre en considération la différence de température entre les différentes régions du territoire.

Comme pour la puissance de chauffage, cette méthode tient compte de l'isolation du bâtiment au travers du coefficient d'intermittence ainsi que la rigueur climatique avec les DJU froid.

Par simplification pour cette première version de l'outil, le dénominateur a été enlevé. Ainsi :

$$NHFPP_{CC} = DJU_f * 24$$

Les conditions limites (si existantes)

Les DJU froid sont calculés en faisant la moyenne des DJU sur la période 2013-2023 à l'échelle du département, pour l'altitude moyenne de ce dernier. Une différence avec cette valeur moyenne de DJU peut être observée pour des communes situées en altitude. On note également qu'il manque certains départements dans la base de données utilisées (*Cégibat*). C'est pourquoi nous avons utilisé d'autres départements voisins situés dans la même zone climatique :

Département manquant	Code département	Département de substitution	Code département
Corse du sud	2A	Alpes-Maritimes	06
Haute-Corse	2B	Alpes-Maritimes	06
Territoire de Belfort	90	Doubs	25
Hauts-de-Seine	92	Paris	75
Seine-Saint-Denis	93	Paris	75
Val de marne	94	Paris	75

Exemple

Poursuivons l'exemple utilisé jusqu'alors : un bâtiment résidentiel avec la note A pour le DPE situé dans la commune d'Evreux dans le département de l'Eure (27) en Normandie.

Nous supposons :

Variables de référence	Donnée	Unité
Q_{clim}	100	kWh
$F_{sur_puissance}$	20	%
CI	70	%
DJU	10	°C
T_{clim}	24	°C
$T_{ref\ froid}$	28	°C

Nous calculons alors :

$$NHFPP_{CC} = \frac{DJU_f \cdot 24}{|T_{clim} - T_{ref\ froid}|} = \frac{10 \cdot 24}{|24 - 28|} \approx 60\ heures$$

Cela signifie qu'il faudrait que l'installation fonctionne pendant 60 heures à pleine puissance pour assurer les besoins en climatisation du bâtiment dans la commune d'Evreux (27). Cependant, ce calcul ne tient pas compte du type de bâtiment. C'est pourquoi nous calculons :

$$NHFPPf = NHFPP_{CC} \cdot CI = 60 \cdot 0.70 \approx 42\ heures$$

Ce calcul correspond au nombre d'heures qu'il faut que l'installation fonctionne à pleine puissance en tenant compte, à la fois de zone géographie et du type de bâtiment considéré. Finalement nous en déduisons la puissance nécessaire pour la climatisation :

$$P_{clim} = \frac{Q_{clim}}{NHFPPf} \cdot (1 + F_{sur_{puissance}})$$

$$P_{clim} = \frac{100}{42} \cdot (1 + 0{,}20) \approx 2{,}8\ kW$$

Pour couvrir les besoins en climatisation, la puissance nécessaire est de 2,8 kW.

Sources

Les valeurs par défaut du calcul de puissance sont les suivants :

Variables de référence	Donnée	Unité	Source
Facteur de surpuissance $F_{sur_puissance}$	20	%	ELCIMAI
Température de climatisation T_{clim}	24	°C	ELCIMAI
DJU froid DJU_f	Dépend du département	°C	Cégibat

Les coefficients d'intermittence (CI) sont identiques à ceux utilisés pour la puissance de chauffage.

1.3.4/ Puissance des installations

Catégorie	Source	Année de la donnée	Fréquence maximum MAJ
Rendement des installations	ADEME, ENGIE, GRDF, AMORCE, INIES, ELCIMAI	2024	

La puissance des installations peut varier en fonction des besoins auxquels peut répondre l'installation. On peut noter plusieurs cas possibles :

- L'installation répond à un seul besoin (chauffage, climatisation ou ECS),
- L'installation répond aux besoins de chauffage et ECS,
- L'installation répond aux besoins de chauffage et/ou d'ECS et de climatisation.

/ Les variables

Dans le cas où l'installation ne répond qu'à un seul besoin, nous appliquons la formule suivante :

$$P_{installation} = \frac{P_{besoin}}{\eta_{besoin}}$$

- $P_{installation} = Puissance\ totale\ de\ l'installation : kW$
- $P_{besoin} = Puissance\ nécéssaire\ pour\ le\ couvrir\ le\ besoin : kW$
- $\eta_{besoin} = Rendement\ de\ l'installation\ sur\ le\ besoin : \%$

Dans le cas où l'installation répond aux besoins de chauffage et d'ECS, nous appliquons la formule :

$$P_{installation} = \frac{P_{chauffage}}{\eta_{chauffage}} + CF \cdot \frac{P_{ECS}}{\eta_{ECS}}$$

- $P_{installation} = Puissance\ totale\ de\ l'installation : kW$
- $P_{chauffage} = Puissance\ nécéssaire\ pour\ le\ chauffage : kW$
- $\eta_{chauffage} = Rendement\ de\ l'installation\ sur\ le\ chauffage : \%$
- $P_{ECS} = Puissance\ nécéssaire\ pour\ l'Eau\ Chaude\ Sanitaire : kW$
- $\eta_{ECS} = Rendement\ de\ l'installation\ sur\ l'ECS : \%$
- $CF = Coefficient\ de\ foisonnement, permet\ de\ prendre\ en\ compte\ le\ caractère\ intermittent\ de\ la\ production\ d'ECS : \%$

Le coefficient de foisonnement traduit le fait que la production d'eau chaude sanitaire a très souvent lieu en décalé avec les heures de chauffage.

Dans le cas où l'installation répond aux besoins de chauffage et/ou d'ECS et de climatisation, nous calculons la puissance nécessaire pour répondre aux besoins de climatisation comme dans le premier cas puis la puissance pour le chauffage et l'ECS comme dans le deuxième cas. La puissance de l'installation sera la puissance la plus grande.

Les conditions limites (si existantes)

Exemple

Prenons le cas de la chaudière à gaz collective à condensation dans les conditions de l'exemple précédent : un bâtiment résidentiel avec la note A pour le DPE situé à Evreux (27) en Normandie.

Nous supposons :

Variables de référence	Donnée	Unité
$\eta_{chauffage}$	100	%
η_{ECS}	100	%
CF	50	%
Q_c	100 000	kWh
Q_{ecs}	30 000	kWh
$F_{sur_puissance}$	20	%
CI	70	%
DJU	2 057	°C
TNC	18	°C
T_{base}	-7	%
$NHFNC$	3 000	heures

Nous calculons alors :

$$NHFPP_{CC} = \frac{DJU \cdot 24}{TNC - T_{base}} = \frac{2057 \cdot 24}{18 - (-7)} \approx 1975\ heures$$

Cela signifie qu'il faudrait que la chaudière fonctionne pendant 1975 heures à pleine puissance pour assurer les besoins en chauffage du bâtiment. Cependant, ce calcul ne tient pas compte du type de bâtiment. C'est pourquoi nous calculons :

$$NHFPP = NHFPP_{CC} \cdot CI = 1975 \cdot 0.70 \approx 1386\ heures$$

Ce calcul correspond au nombre d'heures qu'il faut que la chaudière fonctionne à pleine puissance en tenant compte, à la fois de la zone géographique et du type de bâtiment considéré. Finalement nous en déduisons la puissance nécessaire pour le chauffage :

$$P_{chauffage} = \frac{Q_c}{NHFPP} \cdot (1 + F_{sur_{puissance}})$$

$$P_{chauffage} = \frac{100\,000}{1386} \cdot (1 + 0{,}20) \approx 87\ kW$$

Ensuite nous calculons la puissance nécessaire pour satisfaire les besoins en ECS :

$$P_{ECS} = \frac{Q_{ECS}}{NHFNC} \cdot (1 + F_{sur_{puissance}})$$

$$P_{ECS} = \frac{30\,000}{3\,000} \cdot (1 + 0{,}20) = 12\ kW$$

Enfin, nous pouvons calculer la puissance de la chaudière :

$$P_{installation} = \frac{P_{chauffage}}{\eta_{chauffage}} + CF \cdot \frac{P_{ECS}}{\eta_{ECS}}$$

$$P_{installation} = \frac{87}{1} + 0{,}50 \cdot \frac{12}{1} = 93\ kW$$

Pour satisfaire les besoins en chauffage et en ECS, la chaudière devra avoir une puissance minimum de 93 kW.

Sources

Les valeurs par défaut du calcul de puissance sont les suivantes :

Variables de référence	Donnée	Unité	Source
Coefficient de foisonnement ECS CF	50	%	ELCIMAI

Les valeurs par défaut des rendements des installations sur la production de chauffage, d'ECS et de rafraîchissement sont données ci-dessous. On note que pour les pompes à chaleur (PAC), on ne parle pas de rendement mais de coefficient de performance (COP) qui est une grandeur sans unité et supérieure à 1 :

Variables de référence	Donnée	Unité	Source
Réseau de chaleur urbain	86	%	ELCIMAI
Réseau de froid urbain	93	%	ELCIMAI
Poêle à granulés (indiv.)	80	%	ADEME
Chaudière à granulés (coll.)	80	%	ADEME
Chaudière à gaz indiv. avec condensation	Chauffage : 103 ECS : 87	%	ELCIMAI AMORCE
Chaudière à gaz indiv. sans condensation	90	%	ENGIE
Chaudière à gaz coll. avec condensation	Chauffage : 105 ECS : 86	%	ELCIMAI AMORCE
Chaudière à gaz coll. sans condensation	90	%	ELCIMAI
Chaudière à fioul indiv.	85	%	ELCIMAI
Chaudière à fioul coll.	Chauffage : 80 ECS : 70	%	AMORCE AMORCE

Ballon ECS	Stockage : 87	%	ENERGIE PLUS
PAC air/air	3	-	ENGIE
PAC eau/eau	5	-	ENGIE
PAC air/eau	2,3	-	UP ENERGIE
PAC ad/absorption	1,5	-	GRDF
Radiateur électrique indiv.	100	%	ELCIMAI

1.3.5/ Consommation en combustibles, des auxiliaires et durée de vie des installations

2.1.3.5.1 Chaudières gaz, fioul, granulés

/ Les variables

Ces installations ne produisent pas de froid.

La consommation des combustibles se définit comme suit :

$$Conso = \text{Conso}_{\text{comb spé}} * (\frac{\text{Q}_{\text{ECS}}}{\rho_{ecs}} + \frac{\text{Q}_{ch}}{\rho_{ch}})$$

- $Conso = consommation\ de\ combustible\ (unité\ exprimée\ en\ fonction\ de\ l'installation)$
- $Conso_{comb\ spé} = consommation\ de\ combustible\ (unité\ exprimée\ en\ fonction\ de\ l'installation)\ par\ kWh$
- $\rho_{ECS}/\rho_{CH} = rendement\ de\ l'intsallation\ \ pour\ l'ecs\ et\ le\ chauffage$
- $Q_{ECS}\ /\ Q_{ch} =\ \ besoins\ de\ chaleur\ et\ d'ECS$

La consommation des auxiliaires se définit comme suit :

$$Conso_{aux} = (1 - \rho_{\text{aux}}) * \text{Q}_{\text{tot}}$$

- $Conso_{aux} = consommation\ des\ auxiliaires\ (unité\ exprimée\ en\ kWhélec)$
- $\rho_{aux} = rendement\ des\ auxiliaires$
- $Q_{tot} = Q_{ECS} + Q_{ch} =\ \ besoins\ de\ chaleur\ total$

La durée de vie des installations permet de calculer l'amortissement et annualiser les coûts.

La puissance de l'installation gardée est ensuite choisie en fonction de la puissance calculée (voir chapitres précédents) et la gamme de puissance la plus proche (arrondi au supérieur). Par exemple, pour une puissance de chauffage nécessaire de 14 kW, une chaudière gaz avec condensation individuelle de 20kW sera choisie.

Les rendements globaux des installations peuvent se décomposer en trois catégories :

- Régulation : une mauvaise régulation peut engendrer des surconsommations : conception hydraulique de l'installation, allumage hors des périodes d'occupation, …
- Distribution : les réseaux de distribution ne sont pas tous isolés, des pertes peuvent être importantes en chaufferie ou sous-station, les boucles ECS engendrent une surconsommation.

- Production : chaque mode de chauffage possède ses propres performances à la production de chaleur. Toutefois, elles ne sont jamais parfaites, et des écarts par rapport aux performances réelles sont généralement observées.

Les sources

Consommation de combustible	Donnée	Unité	Source
Poêle à granulés indiv.	0,218	kg/kWh	ADEME
Chaudière à granulés coll.	0,218	kg/kWh	ADEME
Chaudière gaz à condensation indiv	0,0970	Nm^3/kWh	CITEPA
Chaudière gaz sans condensation indiv	0,0970	Nm^3/kWh	CITEPA
Chaudière gaz à condensation coll	0,0970	Nm^3/kWh	CITEPA
Chaudière gaz sans condensation coll	0,0970	Nm^3/kWh	CITEPA
Chaudière fioul indv.	0,0947	L/ kWh PCI	ADEME
Chaudière fioul coll.	0,0947	L/ kWh PCI	ADEME

Rendement de l'installation	Donnée	Unité	Source
Poêle à granulés indiv.	80%	%	ADEME
Chaudière à granulés coll.	Chauffage : 80% ECS : 80%	%	AMORCE
Chaudière gaz à condensation indiv	Chauffage : 82% ECS : 87%	%	AMORCE
Chaudière gaz sans condensation indiv	Chauffage : 75% ECS : 75%	%	AMORCE
Chaudière gaz à condensation coll	Chauffage : 80% ECS : 86%	%	AMORCE
Chaudière gaz sans condensation coll	Chauffage : 73% ECS : 73%	%	AMORCE
Chaudière fioul indv.	Chauffage : 73% ECS : 73%	%	AMORCE
Chaudière fioul coll.	Chauffage : 71% ECS : 71%	%	AMORCE

Rendement des auxiliaires	Donnée	Unité	Source

Poêle à granulés indiv.	Chauffage : NC ECS : NC	%	AMORCE
Chaudière à granulés coll.	Chauffage : 99,8% ECS : 99,8%	%	AMORCE
Chaudière gaz à condensation indiv	Chauffage : 99,9% ECS : 99,9%	%	AMORCE
Chaudière gaz sans condensation indiv	Chauffage : 99,9% ECS : 99,9%	%	AMORCE
Chaudière gaz à condensation coll	Chauffage : 99,8% ECS : 99%	%	AMORCE
Chaudière gaz sans condensation coll	Chauffage : 99,8% ECS : 99%	%	AMORCE
Chaudière fioul indv.	Chauffage : 99,9% ECS : 99,9%	%	AMORCE
Chaudière fioul coll.	Chauffage : 99,8% ECS : 99%	%	AMORCE

Durée de vie	Donnée	Unité	Source
Poêle à granulés indiv.	16	Années	INIES
Chaudière à granulés coll.	17	Années	INIES
Chaudière gaz à condensation indiv	17	Années	INIES
Chaudière gaz sans condensation indiv	17	Années	INIES
Chaudière gaz à condensation coll	22	Années	INIES
Chaudière gaz sans condensation coll	22	Années	INIES
Chaudière fioul indv.	21	Années	INIES
Chaudière fioul coll.	21	Années	INIES

2.1.3.5.2 Réseaux de chaleur et de froid

Les variables

La consommation des combustibles se définit comme suit :

$$Conso = \frac{\mathrm{Q_{ECS}}}{\rho_{ecs}} + \frac{\mathrm{Q}_{ch}}{\rho_{ch}}$$

- $\rho_{ECS}/\rho_{CH} = rendement\ de\ l'intsallation\ \ pour\ l'ecs\ et\ le\ chauffage$

- Q_{ECS} / Q_{ch} = *besoins de chaleur et d'ECS*

La consommation des auxiliaires se définit comme suit :

$$Conso_{aux} = (1 - \rho_{aux}) * Q_{tot}$$

- $Conso_{aux}$ = *consommation des auxiliaires (unité exprimée en kWhélec)*
- ρ_{aux} = *rendement des auxiliaires*
- $Q_{tot} = Q_{ECS} + Q_{ch}$ = *besoins de chaleur total*

La durée de vie des installations permet de calculer l'amortissement et annualiser les coûts.

⁄ Les sources

Rendement de l'installation	Donnée	Unité	Source
Réseau de chaleur	Chauffage : 86% ECS : 93%	%	AMORCE
Réseau de froid	93%	%	AMORCE

Rendement des auxiliaires	Donnée	Unité	Source
Réseau de chaleur	Chauffage : 99,8% ECS : 99%	%	AMORCE
Réseau de froid	99,8%	%	AMORCE

Durée de vie	Donnée	Unité	Source
Réseau de chaleur	30	Années	INIES
Réseau de froid	30	Années	INIES

2.1.3.5.3 PAC

Il faut noter que l'installation de PAC n'est pas forcément possible partout, notamment à cause de contraintes techniques ou de contraintes architecturales (par exemple, impossibilité d'installer des unités en façade extérieure).

⁄ Les variables

Nous considérons comme réversibles :

- PAC AIR/AIR
- PAC AIR/EAU

Les PAC EAU/EAU (géothermie) peuvent également être réversibles mais ne sont pas implémentées dans cette version de l'outil.

Début 2025, il n'existe pas d'étude permettant de quantifier les performances réelles des pompes à chaleur. Une étude de l'ADEME est en cours et devrait être publiée à l'automne 2025.Elle permettra d'affiner nos résultats.

De la même manière que les autres modes de chauffage, il est important de tenir compte des pertes liées à la régulation, la distribution et la production.

Ainsi, nous sommes partis des données de la base Eurovent, qui nous permet d'avoir accès aux performances fournisseurs des PAC. Elles correspondent à des performances maximales testées en laboratoire, avec une installation dans les règles de l'art. Les SCOP à 35°C côté émetteurs ont été relevés.

Installation	$SCOP_{théorique\text{-}35°C}$	Rendement	$SCOP_{final\text{-}35°C}$
PAC air/air	Individuelle : 4,2 Collective : 4,2	Individuelle : 81% Collective : 85%	Individuelle : 2,68 Collective : 3,30
PAC air/eau	Individuelle : 4,7 Collective : 4,7	Individuelle : 81% Collective : 85%	Individuelle : 3,82 Collective : 3,98
PAC eau/eau	Individuelle : 5 Collective : 6	Individuelle : 81% Collective : 85%	Individuelle : 4,06 Collective : 5,09

Les performances des PAC dépendent des régimes de température, notamment au niveau des émetteurs de chaleur. Nous avons appliqué les corrections utilisées dans la méthodologie de dérogation au classement des réseaux de chaleur. Elle est la suivante, et ne concerne que les PAC utilisant des émetteurs à eaux (PAC air/air sont exclues) :

$$\begin{cases} SCOP_{final} = SCOP_{fournisseur} - \phi_{correctif} \\ SEER_{final} = SEER_{fournisseur} \end{cases}$$

- $SCOP_{final} = coefficient\ de\ performance\ saisonnière$
- $SCOP_{fournisseur} =$ $Coefficient\ de\ performance\ saisonnière\ fournisseur$ (à $température\ extérieur + 7°C - EN14825$)
- $\phi_{correctif} = facteur\ correctif\ du\ SCOP\ en\ fonction\ de\ la\ température\ des\ émetteurs.$
- $SEER = Efficacité\ frigorifique\ saisonnière$

Les sources

Température de l'émetteur (°C)	Facteur correctif	Source
35	0	Dérogation 3 au raccordement réseau – ECOLOGIE.GOUV
45	-0,6	Dérogation 3 au raccordement réseau – ECOLOGIE.GOUV

55	-1,2	Dérogation 3 au raccordement réseau – ECOLOGIE.GOUV
65	-1,6	Dérogation 3 au raccordement réseau – ECOLOGIE.GOUV

La consommation des auxiliaires est uniquement appliquée sur les PAC AIR/EAU et EAU/EAU :

Variables de référence	Donnée	Source
Conso auxiliaire chauffage / climatisation	99,8%	ELCIMAI
Conso auxiliaire ECS	99,0%	ELCIMAI

La durée de vie dépend de chaque installation. Les puits géothermiques ont une durée de vie plus longue.

Variables de référence	Donnée	Unité	Source
PAC air/air	Indiv : 17 Coll : 22	Années	INIES
PAC eau/eau	Indiv : 17 Coll : 22 Puits : 50	Années	INIES
PAC air/eau	Indiv : 17 Coll : 22	Années	INIES

Concernant la production de froid, la grandeur relative à la performance est le SEER, il est calculé de la même manière que le SCOP, c'est-à-dire en divisant l'énergie produite par l'énergie consommée. Le tableau suivant reprend les performances des systèmes réversibles :

Variables de référence	SEER	Source
PAC air/air	Indiv : 3,5 Coll : 4	INIES
PAC air/eau	Indiv : 3,5 Coll : 4,8	INIES

2.1.3.5.4 Production de froid hors PAC réversibles

Il faut noter que l'installation de PAC n'est pas forcément possible partout, notamment à cause de contraintes techniques ou de contraintes

architecturales (par exemple, impossibilité d'installer des unités en façade extérieure).

La production de froid, en plus des PAC réversibles (chaud + froid) et du réseau de froid urbain, peut être calculée à partir :

- **Résidentiel** : solution individuelle de groupe froid (simplifiée en type AIR/AIR)
- **Tertiaire** : solution groupe eau glacée (simplifiée en type AIR/EAU)

Les SEER correspondant sont les mêmes que pour le chapitre « PAC ».

2/ Économique

2.1/ Intégration des coûts dans l'outil

Le coût global du dispositif de chauffage/production d'eau chaude sanitaire/climatisation est annualisé et décomposé en plusieurs parties :

- **P1 : coût de la fourniture d'énergie**

  Ce coût peut se diviser en plusieurs sous-catégories :

  - P1 abonnement : Il s'agit du coût de l'abonnement de l'utilisateur à son fournisseur d'énergie, notamment sur le gaz et l'électricité. On appelle aussi ce coût la part fixe,
  - P1 consommation : Il s'agit du coût de l'énergie consommée par l'utilisateur auprès de son fournisseur d'énergie. On appelle aussi ce coût la part variable,
  - P1 ECS : il s'agit du coût de l'électricité consommée par le ballon d'eau chaude sanitaire lorsque l'installation principale n'est pas capable d'en produire. Si l'installation peut produire de l'ECS, ce coût est inclus dans le P1 consommation,
  - P1' : Il s'agit du coût payé par l'utilisateur pour alimenter en électricité les auxiliaires des installations, c'est-à-dire des pompes, vannes et autres matériels non directement liés à la production de chaleur/froid.

- **P2 : coût des prestations de maintenance**

  Ce coût correspond aux dépenses liées à la maintenance préventive et curative des installations.

- **P3 : coût du renouvellement et d'un entretien plus conséquent**

  Ce coût prend en compte les entretiens plus conséquents incluant l'usure et le remplacement du matériel.

- **P4 : amortissement**

  Enfin, P4 traduit le coût d'investissement de l'installation. Sur les graphiques économiques, nous avons également utilisé l'appellation « P4 – aides » qui correspond au coût d'investissement auquel nous avons retranché les aides.

2.2/ Coût du combustible

Catégorie	Source	Année de la donnée	Fréquence maximum MAJ

Gaz – résidentiel individuel	CRE – prix repère de vente	2024	Annuel
Gaz – résidentiel collectif et tertiaire	CRE – prix repère de vente, données de construction du prix repère (part variable) Elcimaï (part fixe)	2024	Annuel
Electricité – résidentiel individuel (< 36 kVA)	TRV	2024	Annuel
Electricité – résidentiel collectif et tertiaire (< 36 kVA)	TRV	2024	Annuel
Electricité – résidentiel collectif et tertiaire (> 36 kVA)	Part variable : TRV Abonnement = TURPE + 15%		
Biomasse	CIBE / CEEB	2024	Annuel
Fioul	DGEC	2024	Annuel

2.2.1/ Réseaux de chaleur et de froid

Les données utilisées pour les réseaux de chaleur et de froid sont les données issues de l'enquête annuelle des réseaux de chaleur et de froid. Les réseaux classés peuvent faire le choix de partager les données via la bibliothèque de données FEDENE/AMORCE, disponible sur les sites respectifs de la FEDENE et d'AMORCE. Dans ce cas, lorsque qu'un réseau est localisé à moins de 1 km de l'adresse mentionnée, c'est le prix moyen du réseau qui est utilisé. Sinon, dans le cas du mode « avancé », c'est le prix moyen des réseaux français qui est pris en compte.

Prix moyen des réseaux de chaleur en 2024 : 110,4 €TTC/MWh, part fixe = 43%

Prix moyen des réseaux de froid en 2024 : 226 €TTC/MWh, part fixe = 51%

2.2.2/ Gaz

/ **Résidentiel**

Le prix de vente du gaz en France est suivi par la Commission de Régulation de l'Energie, la CRE. Elle publie chaque mois en open data un « prix repère » pour les consommateurs résidentiels. Nous avons repris leur méthode de calcul pour déterminer les valeurs par défaut du prix du gaz.

Cependant, ce prix est donné à titre indicatif, il n'existe plus de tarif réglementé pour le gaz depuis le 1er juillet 2023. Chaque fournisseur de gaz est libre de proposer les tarifs qu'il souhaite, la CRE ne fait que publier un prix repère, non contraignant.

La méthode calcul de la CRE se définit par :

- **Une part fixe** : Elle prend en compte une partie des coûts de distribution ainsi qu'une partie des coûts commerciaux (hors Certificat d'Economie d'Energie (CEE)). Cette part s'exprime en €/an.
- **Une part variable** : Elle prend en compte une partie des coûts de distribution, du transport, du stockage et des coûts commerciaux. Cette part s'exprime en €/kWh.

- **Les taxes** : Les parts fixe et variable s'expriment « hors taxe ». Il convient ensuite d'appliquer les différentes taxes :
    - **CTA** : La Contribution Tarifaire d'Acheminement est une taxe fixe qui peut être révisée chaque année mais est restée à 34,49€/an depuis 2021,
    - **TICGN** : La Taxe Intérieure de Consommation sur le Gaz Naturel est une taxe variable que doit s'acquitter tout consommateur de gaz naturel à usage combustible. Elle s'élève à 0,1637€/kWh en 2024 et peut être révisée annuellement,
    - **TVA** : La Taxe sur la Valeur Ajoutée s'élève à 5,5% sur la part fixe et à 20% sur la part variable.

En analysant et moyennant les prix sur l'année 2024, voici les résultats :

Variables de référence (Hors Taxe)	Donnée	Unité
Abonnement / Part fixe	218	€HT/an
Coût de la distribution	139	€HT/an
Coûts commerciaux hors Certificat d'Economie d'Energie (CEE)	79	€HT/an
Consommation / Part variable	0,06755	€HT/kWh
Coût de la molécule	0,043	€HT/kWh
Coût de transport	0,00977	€HT/kWh
Coûts commerciaux hors CEE	0,00893	€HT/kWh
Coût des CEE	0,00585	€HT/kWh
Taxe		-
Part fixe		-
Contribution tarifaire d'acheminement (CTA)	43,51€/an	€/an
TVA part fixe	5,5	%
Part variable		-
Taxe intérieure de consommation sur le gaz naturel (TICGN)	0,01637€/kWh	€/kWh
TVA part variable	20	%

Nous avons adapté certaines données de la CRE pour les rendre plus lisibles, notamment :

- **L'abonnement / la part fixe** est la somme du coût de la distribution et des coûts commerciaux hors CEE, et non pas une valeur fixée comme dans les données de la CRE,
- **La consommation / la part variable** est la somme des coûts de la molécule, de transport, commerciaux hors CEE et des coûts des CEE,
- **Le coût de la molécule** correspond au coût d'approvisionnement,
- **Le coût de transport** est la somme des coûts de distribution, de transport moyen et de stockage moyen,

- **Les coûts commerciaux hors CEE** incluent la rémunération, la brique de risque et les frais d'accès au marché.

Sur l'outil, la distinction est faite entre le « Grand Public » et le « Technicien ».

- Le « Grand Public » ne verra pas le détail des différentes parts. Il peut renseigner le coût de son abonnement annuel (en €/an TTC) et le coût de sa consommation (en €/kWh TTC),
- Le « Technicien » peut quant à lui modifier chaque paramètre de calcul des parts variable (en €/kWh HT) et fixe (en €/an HT) : coût de la distribution, coût de la molécule, etc… Il pourra également modifier la valeur des taxes.

Cette approche permet de tenir compte des spécificités de chaque contrat de marché.

/ **Résidentiel collectif et tertiaire**

La part variable est équivalente au prix repère de la CRE, soit 0,06755 €HT/MWh.

Pour la part fixe, les données Elcimaï ont été extrapolée aux ratios suivants :

- 0-50 : tarif fournisseur
- 50-400 : 8,5 €/kW
- 450 – 1000 : 6,5 €/kW
- 1050 et plus : 5€/kW

2.2.3/ Électricité

Les prix de l'électricité est construit de la même manière que celui du gaz, c'est-à-dire qu'il est composé d'une part fixe (l'abonnement), d'une part variable (la consommation), ainsi que des taxes. De manière générale, les tarifs proposés par les fournisseurs d'électricité dépendent de plusieurs facteurs : la puissance souscrite, l'option tarifaire (base, heure pleine (HP)/heure creuse (HC)…) et le type de contrat. Il existe deux types de contrat de fourniture d'électricité :

- **L'offre à tarif réglementé en vigueur** (TRV), ou tarif bleu, est proposée par EDF uniquement, fournisseur historique d'électricité en France. Son prix est fixé par décret chaque année sous les recommandations de la CRE.
- **L'offre de marché** est proposée par tous les fournisseurs. Son prix dépend du contrat passé avec le fournisseur ; il peut être variable en fonction du jour de la semaine, indexé sur le prix du tarif réglementé, fixé sur une ou plusieurs années etc… C'est au consommateur d'évaluer son besoin et son profil de consommation pour choisir l'offre la mieux adaptée à sa situation.

/ **Résidentiel**

Seuls les clients souscrivant une puissance inférieure à 36 kVA peuvent bénéficier du tarif réglementé. C'est pourquoi cela concerne majoritairement le secteur résidentiel. Ce tarif, et de manière générale toutes les offres proposées par les fournisseurs, dépend de la puissance souscrite et de l'option tarifaire choisie (base ou HP/HC).

Les offres proposées par les fournisseurs comprennent :

- **Une part fixe** : Elle est définie librement par chaque fournisseur d'électricité (hors tarif réglementé). Elle comprend notamment le TURPE, le Tarif d'Utilisation des Réseaux Public d'Électricité, fixé par la CRE. Il s'agit d'une taxe dont tous les utilisateurs des réseaux publics de transport et de distribution d'électricité doivent s'acquitter en fonction de leur puissance souscrite.
- **Une part variable** : Elle correspond au prix de vente du kilowattheure d'électricité, chaque fournisseur est libre de le fixer comme il le souhaite (hors tarif réglementé). Cette part s'exprime en €/kWh.
- **Les taxes** : Les parts fixe et variable s'expriment « hors taxe ». Il convient ensuite d'appliquer les différentes taxes :
    - **CTA** : la Contribution Tarifaire d'Acheminement est une taxe fixe de 21,93% sur le TURPE et dépend donc de la puissance souscrite,
    - **L'accise sur l'électricité (ex TICFE/CSPE)** : Cette taxe variable dépend de la consommation de l'utilisateur. Pour une puissance souscrite inférieure ou égale à 36 kVA, le montant de cette taxe est de 2,10 c€/kWh depuis le 1er février 2024,
    - **TVA** : la Taxe sur la Valeur Ajoutée s'élève à 5,5% sur la part fixe et à 20% sur la part variable.

Ces différents coûts peuvent se représenter ainsi :

Variables de référence (Hors Taxe)	Donnée	Unité
Type de contrat	TRV ou Offre marché	-
Option tarifaire	Base ou HP/HC	-
Puissance souscrite	Entre 3 et 36	kVA
Abonnement / Part fixe	Dépendant du contrat	€/an
Consommation / Part variable	Dépendant du contrat	€/kWh
Taxe		-
Part fixe		-
Contribution tarifaire d'acheminement (CTA)	Dépendant de la puissance	€/an
TVA part fixe	5,5	%
Part variable		
Accise sur l'électricité (ex TICPE/CSPE)	0,021	€/kWh
TVA part variable	20	%

Puissance de l'abonnement (base)	Part fixe	Part variable
3	95,88 €HT/an	0,1887 €HT/kWh
6	123,72 €HT/an	0,1887 €HT/kWh

9	154,08 €HT/an	0,1887 €HT/kWh	
12	185,16 €HT/an	0,1887 €HT/kWh	
15	213,72 €HT/an	0,1887 €HT/kWh	
18	253,56 €HT/an	0,1887 €HT/kWh	
24	317,04 €HT/an	0,1887 €HT/kWh	
30	373,56 €HT/an	0,1887 €HT/kWh	
36	430 €HT/an	0,1887 €HT/kWh	
Puissance de l'abonnement (HP/HC)	**Part fixe**	**Part variable (HP)**	**Part variable (HC)**
6	128,40	0,240 €HT/kWh	0,1513 €HT/kWh
9	161,40	0,240 €HT/kWh	0,1513 €HT/kWh
12	193,44	0,240 €HT/kWh	0,1513 €HT/kWh
15	223,68	0,240 €HT/kWh	0,1513 €HT/kWh
18	253,56	0,240 €HT/kWh	0,1513 €HT/kWh
24	217,04	0,240 €HT/kWh	0,1513 €HT/kWh
30	373,56	0,240 €HT/kWh	0,1513 €HT/kWh
36	430,68	0,240 €HT/kWh	0,1513 €HT/kWh
Taxes			
Contribution tarifaire d'acheminement (CTA)	Dépendant de la puissance	€/an	
TVA part fixe	5,5	%	
Accise sur l'électricité (ex TICPE/CSPE)	0,021	€/kWh	
TVA part variable	20	%	

/ Tertiaire

Comme expliqué précédemment, seuls les clients souscrivant une puissance inférieure à 36 kVA peuvent bénéficier du tarif réglementé. Cela concerne des acteurs résidentiels mais également tertiaires comme des professions libérales, des artisans etc. En septembre 2023, la CRE estime que seulement 32% des petits sites non résidentiels (puissance <36 kVA) sont encore au tarif réglementé, les 68% restant sont donc en offre de marché. On observe également que sur les petits, moyens et grands sites non résidentiels, les fournisseurs historiques et alternatifs se partagent relativement équitablement le marché.

Il existe une multitude d'offres de marché, et celles avec une puissance supérieure à 36 kVA ne sont pas publiées par les fournisseurs. Nous utiliserons alors comme valeurs par défaut celles du TRV pour **la part variable**. Il revient à l'utilisateur de l'outil de modifier ces valeurs en fonction de son contrat.

Le part consommation (variable) du TRV est constante, peu importe la puissance souscrite ; c'est pourquoi nous laisserons cette valeur par défaut pour les contrats d'une puissance inférieure et supérieure à 36 kVA.

En revanche, le prix du kW souscrit diminue plus la puissance souscrite augmente. Une projection a été réalisée pour les puissance supérieurs à 36 kVA en partant du d'un facteur de 15% supplémentaire par rapport au TURPE.

Puissance de l'abonnement (base)	Part fixe	Part variable
9	154,08 €HT/an	0,1887 €HT/kWh
12	185,16 €HT/an	0,1887 €HT/kWh
15	213,72 €HT/an	0,1887 €HT/kWh
18	253,56 €HT/an	0,1887 €HT/kWh
24	317,04 €HT/an	0,1887 €HT/kWh
30	373,56 €HT/an	0,1887 €HT/kWh
36	430 €HT/an	0,1887 €HT/kWh
60	1350 €HTVA/an	0,1887 €HT/kWh
70	1486 €HTVA/an	0,1887 €HT/kWh
80	1621 €HTVA/an	0,1887 €HT/kWh
90	1757 €HTVA/an	0,1887 €HT/kWh
100	1892 €HTVA/an	0,1887 €HT/kWh
125	2232 €HTVA/an	0,1887 €HT/kWh
150	2570 €HTVA/an	0,1887 €HT/kWh
175	2910 €HTVA/an	0,1887 €HT/kWh
200	3250 €HTVA/an	0,1887 €HT/kWh
250	2927 €HTVA/an	0,1887 €HT/kWh

2.2.4/ Granulés

Les prix du bois-énergie sont suivis par le Centre d'Etude et de l'Economie du Bois (CEEB) et rendus publics dans un rapport trimestriel. Ces rapports sont disponibles via le lien suivant : Prix du bois-énergie - CIBE. AMORCE a réalisé une étude sur les prix 2024 en agrégeant les prix trimestriels.

- **Granulés en vrac :** l'hypothèse faite dans le rapport du CEEB tient compte de la livraison des granulés jusqu'à 50km,
    - Prix retenu : 365 €HT/tonne

2.2.5/ Fioul

Le prix du fioul est suivi chaque semaine par la Direction Générale de l'Energie et du Climat (DGEC) et publié sur le site gouvernemental : Prix des produits pétroliers |

Ministère de la Transition Écologique et de la Cohésion des Territoires (ecologie.gouv.fr).

Nous faisons la moyenne des prix hors taxe sur la période hivernale allant de décembre à mars sur le fioul domestique. Cette valeur pourra être mise à jour annuellement. On distingue deux prix pour le fioul domestique :

- **Fioul domestique** avec livraison comprise de **2 000 à 4 999 litres**,
- **Fioul domestique** avec livraison comprise à partir de **27 000 litres.**

Dans l'outil, nous utilisons les prix du fioul domestique avec livraison comprise de 2000 à 4999 litres pour les utilisateurs résidentiels et les prix du fioul avec livraison comprise à partir de 27 000 litres pour les utilisateurs tertiaires.

  - Prix retenu résidentiel : 0,84 €HT/L
  - Prix retenu tertiaire : 0,80 €HT/L

Enfin, on ajoute les taxes pour obtenir le coût TTC :

- **La TVA** : la Taxe sur la Valeur Ajoutée s'applique sur le prix HT et s'élève à 20%,
- **La TICPE** : la Taxe Intérieure de Consommation sur les Produits Energétiques s'élève à 0,1562 € par litre de fioul et s'applique après la TVA.

2.3/ Investissement

Catégorie	Source	Année de la donnée	Fréquence maximum MAJ
Pose et mise en place de l'installation	ELCIMAI	2024	
Investissement	ELCIMAI	2024	
Taux d'intérêt	ELCIMAI	2024	
	COSTIC	2023	Annuel
	Norme AFNOR	2010	

Le prix d'achat d'une installation dépend de plusieurs facteurs :

- **Le type d'installation** : le coût d'une installation peut grandement varier d'une technologie à une autre (gaz, granulés, réseaux etc…),
- **La puissance de l'équipement :** le dimensionnement de l'installation joue un rôle important dans le coût d'investissement,
- **Le nombre d'utilisateurs :** l'investissement est également impacté par le nombre d'utilisateurs. Pour un logement individuel, le coût d'achat de l'installation est porté par un seul usager, alors que pour un logement collectif, ce coût est divisé par le nombre de bénéficiaires.

/ Les variables

Pour rendre compte annuellement de ce que paye l'utilisateur, nous annualisons ce coût d'investissement sur la durée de vie de l'installation. De plus, nous estimons que l'utilisateur a emprunté la somme nécessaire. Nous calculons alors l'annuité de cet emprunt :

$$A = \left| Inv \cdot \frac{i}{1-(1-i)^{-n}} \right|$$

- $A = Annuité\ de\ l'emprunt : €/an$
- $Inv = Investissment\ pour\ l'achat\ de\ l'installation : €$
- $i = taux\ d'intéret : \%$
- $n = nombre\ d'année\ de\ l'emprunt : année$

Les conditions limites (si existantes)

Nous supposons que l'utilisateur a contracté un prêt, cependant si ce n'est pas le cas ou que le prêt est à taux zéro, il est possible de mettre un taux égal à 0.

Exemple

Variables de référence	Donnée	Unité
Inv	5 000	€
i	4	%
n	15	année

Nous calculons :

$$A = \left| Inv \cdot \frac{i}{1-(1-i)^{-n}} \right| = \left| 5\,000 \cdot \frac{0{,}04}{1-(1-0{,}04)^{-15}} \right|$$

$$A = 236{,}76\ €/an$$

Le coût de l'investissement représente 236,76€ par an.

Sources

Pour calculer l'annuité, nous utilisons :

Variables de référence	Donnée	Unité	Source
Taux d'intérêt i	4	%	ELCIMAI
Nombre d'année de l'emprunt n	Voir durée de vie des installations	Voir durée de vie des installations	Voir durée de vie des installations

L'investissement pour chaque installation dépend de la puissance de celle-ci.

Réseaux de chaleur

Pour les réseaux de chaleur, le coût d'investissement comprend le coût de raccordement (linéaire de 50m) et de la sous-station en fonction de la puissance. Il

est calculé différemment en fonction de s'il s'agit d'un bâtiment résidentiel ou tertiaire :

Résidentiel

Le coût d'investissement dépend du nombre logements raccordés :

Variables de référence	Nombre de logement	Données	Unité	Source
Investissement	25	92 725	€HT	FEDENE
Investissement	42	99 303	€HT	FEDENE
Investissement	58	107 146	€HT	FEDENE
Investissement	83	115 621	€HT	FEDENE
Investissement	125	128 398	€HT	FEDENE
Investissement	167	143 072	€HT	FEDENE
Investissement	250	175 203	€HT	FEDENE
Investissement	333	242 400	€HT	FEDENE

Dans l'outil, nous revenons à un prix par logement en fonction du nombre de logements rentré par l'utilisateur.

Tertiaire

Le coût d'investissement dépend de la surface raccordée :

Variables de référence	Surface (m²)	Données	Unité	Source
Investissement	1 500	92 725	€HT	FEDENE
Investissement	2 500	99 303	€HT	FEDENE
Investissement	3 500	107 146	€HT	FEDENE
Investissement	5 000	115 621	€HT	FEDENE
Investissement	7 500	128 398	€HT	FEDENE
Investissement	10 000	143 072	€HT	FEDENE
Investissement	15 000	175 203	€HT	FEDENE
Investissement	20 000	242 400	€HT	FEDENE

Dans l'outil, nous revenons à un prix par bâtiment en fonction de la surface rentrée par l'utilisateur.

Nous ne considérons pas les coûts inhérents au secondaire, notamment dans le cas d'un tubage complet de bâtiment afin de passer de modes de chauffage individuel (ex. chaudière gaz) à collectif (ex. réseau de chaleur).

Maintenance

Dans le cas de la maintenance, qui est exprimée en pourcentage de l'investissement de la sous-station, nous considérons un montant réduit d'investissement, exprimant seulement la partie « skid » de la sous-station :

Puissance	Coût	Unité	Source
50	21 500	€HT	ELCIMAI
100	22 500	€HT	ELCIMAI
150	23 500	€HT	ELCIMAI
200	24 500	€HT	ELCIMAI
250	25 500	€HT	ELCIMAI
300	26 000	€HT	ELCIMAI
350	27 000	€HT	ELCIMAI
400	28 000	€HT	ELCIMAI
500	30 000	€HT	ELCIMAI
600	32 000	€HT	ELCIMAI
700	33 500	€HT	ELCIMAI
800	35 500	€HT	ELCIMAI
900	37 500	€HT	ELCIMAI
1000	39 000	€HT	ELCIMAI
1500	48 500	€HT	ELCIMAI
2000	57 500	€HT	ELCIMAI
2500	67 000	€HT	ELCIMAI
3000	76 000	€HT	ELCIMAI
4500	104 000	€HT	ELCIMAI
6000	132 000	€HT	ELCIMAI

Réseaux de froid

Pour les réseaux de froid, le coût d'investissement est calculé de la même manière que pour le réseau de chaleur. Nous estimons le prix environ 30% plus élevé que pour les réseaux de chaleur :

Variables de référence	Nombre de logement	Données	Unité	Source
Investissement	25	1250 542	€HT	FEDENE
Investissement	42	129 093	€HT	FEDENE
Investissement	58	139 289	€HT	FEDENE
Investissement	83	150 307	€HT	FEDENE
Investissement	125	166 917	€HT	FEDENE
Investissement	167	185 993	€HT	FEDENE
Investissement	250	227 763	€HT	FEDENE
Investissement	333	263 120	€HT	FEDENE

Dans l'outil, nous revenons à un prix par logement en fonction du nombre de logements rentré par l'utilisateur.

Tertiaire

Le coût d'investissement dépend de la surface raccordée :

Variables de référence	Surface (m²)	Données	Unité	Source
Investissement	1 500	1250 542	€HT	FEDENE
Investissement	2 500	129 093	€HT	FEDENE
Investissement	3 500	139 289	€HT	FEDENE
Investissement	5 000	150 307	€HT	FEDENE
Investissement	7 500	166 917	€HT	FEDENE
Investissement	10 000	185 993	€HT	FEDENE
Investissement	15 000	227 763	€HT	FEDENE
Investissement	20 000	263 120	€HT	FEDENE

Dans l'outil, nous revenons à un prix par bâtiment en fonction de la surface rentrée par l'utilisateur.

Maintenance

Dans le cas de la maintenance, qui est exprimée en pourcentage de l'investissement de la sous-station, nous considérons un montant réduit d'investissement, exprimant seulement la partie « skid » de la sous-station :

Puissance	Coût	Unité	Source
50	28 000	€HT	ELCIMAI
100	29 500	€HT	ELCIMAI
150	30 500	€HT	ELCIMAI
200	32 000	€HT	ELCIMAI
250	33 000	€HT	ELCIMAI
300	34 000	€HT	ELCIMAI
350	35 000	€HT	ELCIMAI
400	36 500	€HT	ELCIMAI
500	39 000	€HT	ELCIMAI

Poêle à granulés

Le coût d'investissement pour un poêle à granulés ne dépend pas de la puissance, seul le design impact réellement ce coût. Cependant, ce type d'installation est limité en puissance autour de 12 kW.

Variables de référence	Donnée	Unité	Source
Investissement	5 600	€HT	Invicta

Chaudière à granulés

Le coût d'investissement pour une chaudière à granulés dépend de la puissance de celle-ci. Nous avons pu obtenir les coûts d'investissement pour les faibles puissances

auprès des constructeurs. Pour les puissances plus importantes, nous avons interpolé à partir du prix connu de la puissance la plus importante (40 kW) :

Variables de référence	Puissance (kW)	Données	Unité	Source
Investissement	20	15 000	€HT	Hargassner
Investissement	25	20 000	€HT	Hargassner
Investissement	30	25 000	€HT	Hargassner
Investissement	35	30 000	€HT	Hargassner
Investissement	40	35 000	€HT	Hargassner
Investissement	50	43 750	€HT	ELCIMAI
Investissement	100	87 500	€HT	ELCIMAI
Investissement	150	131 250	€HT	ELCIMAI
Investissement	200	175 000	€HT	ELCIMAI
Investissement	250	218 750	€HT	ELCIMAI
Investissement	300	262 500	€HT	ELCIMAI
Investissement	400	350 000	€HT	ELCIMAI
Investissement	500	437 500	€HT	ELCIMAI
Investissement	600	525 000	€HT	ELCIMAI
Investissement	700	612 500	€HT	ELCIMAI
Investissement	800	700 000	€HT	ELCIMAI
Investissement	900	787 500	€HT	ELCIMAI
Investissement	1 000	875 000	€HT	ELCIMAI
Investissement	1 250	1 093 750	€HT	ELCIMAI
Investissement	1 500	1 312 500	€HT	ELCIMAI
Investissement	1 750	1 531 250	€HT	ELCIMAI
Investissement	2 000	1 750 000	€HT	ELCIMAI

Chaudière à gaz individuelle (avec et sans condensation)

Le coût d'investissement pour une chaudière à gaz dépend de la puissance de celle-ci. Nous avons utilisé les données des constructeurs pour les chaudières à gaz à condensation et estimé que le prix pour les chaudières sans condensation était le même :

Variables de référence	Puissance (kW)	Données	Unité	Source
Investissement	12	2 660	€HT	Atlantic
Investissement	20	2 810	€HT	Atlantic
Investissement	25	2 920	€HT	Atlantic
Investissement	30	3 220	€HT	Atlantic

Investissement	35	3 620	€HT	Atlantic

Chaudière à gaz collective (avec et sans condensation)

Le coût d'investissement pour une chaudière à gaz collective dépend de la puissance de celle-ci. Nous avons pu obtenir les coûts d'investissement pour les faibles puissances auprès des constructeurs. Pour les puissances plus importantes, nous avons interpolé à partir du prix connu de la puissance la plus importante (120 kW) :

Variables de référence	Puissance (kW)	Données	Unité	Source
Investissement	35	4 800	€HT	Atlantic
Investissement	120	15 000	€HT	Atlantic
Investissement	200	25 000	€HT	ELCIMAI
Investissement	300	37 500	€HT	ELCIMAI
Investissement	400	40 000	€HT	ELCIMAI
Investissement	500	45 000	€HT	ELCIMAI
Investissement	600	52 335	€HT	ELCIMAI
Investissement	700	61 058	€HT	ELCIMAI
Investissement	800	69 780	€HT	ELCIMAI
Investissement	900	78 503	€HT	ELCIMAI
Investissement	1000	87 225	€HT	ELCIMAI
Investissement	1250	109 031	€HT	ELCIMAI
Investissement	1500	130 838	€HT	ELCIMAI
Investissement	1750	152 644	€HT	ELCIMAI
Investissement	2000	174 450	€HT	ELCIMAI

Chaudière à fioul individuelle

Le coût d'investissement pour une chaudière à fioul individuel dépend de la puissance de celle-ci. Cependant, il n'est aujourd'hui plus possible d'acheter des chaudières à fioul, c'est pourquoi nous avons estimé que ce coût était 10% supérieur à celui d'une chaudière à gaz individuelle :

Variables de référence	Puissance (kW)	Données	Unité	Source
Investissement	12	2 926	€HT	ELCIMAI
Investissement	20	3 091	€HT	ELCIMAI
Investissement	25	3 212	€HT	ELCIMAI
Investissement	30	3 542	€HT	ELCIMAI
Investissement	35	3 982	€HT	ELCIMAI

Chaudière à fioul collective

De la même manière que pour la chaudière à fioul individuelle, nous avons estimé que le coût d'une chaudière à fioul collective était 10% supérieur à celui d'une chaudière à gaz collective :

Variables de référence	Puissance (kW)	Données	Unité	Source
Investissement	35	5 280	€HT	ELCIMAI
Investissement	120	16 500	€HT	ELCIMAI
Investissement	200	27 500	€HT	ELCIMAI
Investissement	300	41 250	€HT	ELCIMAI
Investissement	400	44 000	€HT	ELCIMAI
Investissement	500	49 500	€HT	ELCIMAI
Investissement	600	57 569	€HT	ELCIMAI
Investissement	700	67 163	€HT	ELCIMAI
Investissement	800	76 758	€HT	ELCIMAI
Investissement	900	86 353	€HT	ELCIMAI
Investissement	1000	95 948	€HT	ELCIMAI
Investissement	1250	119 934	€HT	ELCIMAI
Investissement	1500	143 921	€HT	ELCIMAI
Investissement	1750	167 908	€HT	ELCIMAI
Investissement	2000	191 895	€HT	ELCIMAI

Pompe à chaleur

Nous nous sommes basés sur l'étude ADEME des coûts de l'énergie 2022 ramenés au kW :

PAC EAU/EAU	Données	Unité	Source
Coût investissement (dont terrassement) individuel	1 818 €	€HT/kW	ADEME – prix ENR 2022
Gamme 40 - 130kW Coût investissement (hors captage sous-sol) collectif	1 323 €	€HT/kW	ADEME – prix ENR 2022
Gamme 40 - 130kW coût captage sous-sol collectif	1 377 €	€HT/kW	ADEME – prix ENR 2022
Gamme 250kW Coût investissement (hors captage sous-sol) collectif	504 €	€HT/kW	ADEME – prix ENR 2022
Gamme 250kW coût captage sous-sol collectif	1 121 €	€HT/kW	ADEME – prix ENR 2022

PAC AIR/EAU	Données	Unité	Source

Coût investissement individuel	1 117	€HT/kW	ADEME – prix ENR 2022
Coût investissement collectif	1 005	€HT/kW	ADEME – prix ENR 2022

PAC AIR/AIR	Données	Unité	Source
Coût investissement individuel	734	€HT/kW	ADEME – prix ENR 2022
Coût investissement collectif	661	€HT/kW	ADEME – prix ENR 2022

Radiateur électrique

Nous nous sommes basés sur des coûts ramenés par unité à un émetteur de 2 kW :

Radiateur électrique	Puissance unitaire	Données	Unité	Source
Coût investissement	2	550	€HT/kW	ATLANTIC

Chauffe-eau électrique à accumulation

Nous nous sommes basés sur des coûts ramenés par capacité (en litre) :

Chauffe-eau électrique	Données	Unité	Source
50	611	€HT	THERMOR
100	706	€HT	THERMOR
150	803	€HT	THERMOR
200	918	€HT	THERMOR

Solaire thermique

Une installation de solaire thermique est toujours accompagnée d'un chauffe-eau électrique. La valeur par défaut est de 60% de la production d'ECS assurée par le solaire thermique, le reste est assurée par le chauffe-eau électrique. L'investissement du solaire thermique est ramené au m² :

Solaire thermique	Données	Unité	Source
Prix panneau solaire thermique	1300	€HT/m²	ADEME – prix ENR 2022

Coût de pose

Enfin, les prix des installations sont basés sur les prix des catalogues des constructeurs. Nous ajoutons à cela un coût de pose et de mise en place :

Variables de référence	Donnée	Unité	Source
Pose et mise en place	30	%	ELCIMAI

Le coût de la pose et mise en place de l'installation peut varier de manière significative en fonction de l'installation et de l'ampleur des travaux (cheminée existante ou non, bâtiment déjà tubé ou non etc…).

2.4/ Coût de la maintenance et actualisation

2.4.1/ « Petit entretien » - P2

/ Les variables

Le coût de la maintenance est calculé par un simple ratio appliqué à la consommation ou à l'investissement, en fonction du type d'installation. Il est ensuite ramené à chaque logement pour les installations collectives.

/ Les sources

Installation	Valeur	Unité	Sources
RCU	1,50%	%€d'investissement SST	ELCIMAI
RFU	1,50%	%€d'investissement SST	ELCIMAI
Poêle à granulés indiv	35,00 €	€HT / MWh	ADEME – prix ENR 2022
Chaudière à granulés collective	22,00 €	€HT / MWh	ADEME – prix ENR 2022
Gaz indiv avec cond	143 €HT	€HT/an	SYNASAV
Gaz indiv sans cond	143 €HT	€HT/an	SYNASAV
Gaz coll avec cond	7,00 €	€HT / MWh	ADEME – prix ENR 2022
Gaz coll sans cond	7,00 €	€HT / MWh	ADEME – prix ENR 2022
Fioul indiv	1,91%	%€d'investissement	ELCIMAI
Fioul coll	1,91%	%€d'investissement	ELCIMAI
PAC air/air collective	25,00 €	€HT / MWh	ADEME – prix ENR 2022
PAC eau/eau collective	7,00 €	€HT / MWh	ADEME – prix ENR 2022
PAC air/eau collective	6,00 €	€HT / MWh	ADEME – prix ENR 2022

PAC air/air individuelle	199 €HT/an	€HT/an	SYNASAV
PAC eau/eau individuelle	199 €HT/an	€HT/an	SYNASAV
PAC air/eau individuelle	199 €HT/an	€HT/an	SYNASAV
Radiateur électrique	0,00%	%€d'investissement	ELCIMAI
Chauffe-eau électrique à accumulation	0,00%	%€d'investissement	ELCIMAI
Chauffe-eau solaire	0,00%	%€d'investissement	ELCIMAI

2.4.2/ « Gros entretien et renouvellement » - P3

/ Les variables

Le coût de la maintenance est calculé par un simple ratio appliqué à la consommation ou à l'investissement, en fonction du type d'installation. Il est ensuite ramené à chaque logement pour les installations collectives.

/ Les sources

Installation	Valeur	Unité	Sources
RCU	0,75%	%€ d'investissement SST	ELCIMAI
RFU	0,75%	%€ d'investissement SST	ELCIMAI
Poêle à granulés indiv			ELCIMAI
Chaudière à granulés collective	0,00%	%€ d'investissement	ELCIMAI
Gaz indiv avec cond	70 €HT	€HT/an	SYNASAV
Gaz indiv sans cond	70 €HT	€HT/an	SYNASAV
Gaz coll avec cond	1,72%	%€ d'investissement	ELCIMAI
Gaz coll sans cond	1,72%	%€ d'investissement	ELCIMAI
Fioul indiv	1,10%	%€ d'investissement	ELCIMAI
Fioul coll	1,10%	%€ d'investissement	ELCIMAI
PAC air/air	10,00 €	€HT / MWh	ADEME – prix ENR 2022
PAC eau/eau	3,00 €	€HT / MWh	ADEME – prix ENR 2022
PAC air/eau	2,00 €	€HT / MWh	ADEME – prix ENR 2022
PAC air/air individuelle	134 €HT/an	€HT/an	SYNASAV

PAC eau/eau individuelle	134 €HT/an	€HT/an	SYNASAV
PAC air/eau individuelle	134 €HT/an	€HT/an	SYNASAV
Radiateur électrique	0,00%	%€ d'investissement	ELCIMAI
Chauffe-eau électrique à accumulation	0,00%	%€ d'investissement	ELCIMAI
Chauffe-eau solaire	0,00%	%€ d'investissement	ELCIMAI

2.4.3/ Actualisation et amortissement

En ce qui concerne l'amortissement, nous considérons par simplicité le taux d'actualisation à 0% :

$$Amortissement = \frac{Invest_{€}}{durée\ de\ vie}$$

2.5/ Aides

2.5.1/ CEE et coup de pouce

/ Les variables

Nous considérons seulement les CEE, bonifiés, pour les installations suivantes :

- Réseaux de chaleur et de froid,

Les formules de calcul CEE ont été prises selon les fiches normées correspondante.

La valeur des CEE est suivie par le PNCEE.

$$CEE\ (€.kWh^{-1}\ cumac) : \begin{cases} Ménage\ précaire : 0{,}00816\ €.kWh^{-1}cumac \\ Autres\ ménages : 0{,}00804\ €.kWh^{-1}cumac \end{cases}$$

Réseaux de chaleur :

Les raccordements de bâtiments tertiaires ou résidentiels collectifs bénéficient d'une bonification depuis le 1er mars 2023.

Pour ce qui concerne la fiche d'opération standardisée BAT-TH-127 « Raccordement d'un bâtiment **tertiaire** à un réseau de chaleur », dès lors que le réseau de chaleur est alimenté majoritairement par des énergies renouvelables ou de récupération (dans son état actuel ou dans le cadre d'un projet décidé) et lorsque ce raccordement vient en remplacement d'une chaudière au charbon, au fioul ou au gaz non performante (depuis le 29 octobre 2022, la condition quant au fait que l'équipement de chauffage remplacé n'est pas à condensation est supprimée), le montant de CEE s'élève à :

$$\begin{cases} \boldsymbol{Surface < 7500 m^2 = 11\ 000\ 000\ kWh\ cumac} \\ \boldsymbol{Surface > 7500\ m^2 : 1\ 070 * S_{urface\ chauffée} + 3\ 000\ 000} \end{cases}$$

Pour ce qui concerne la fiche d'opération standardisée BAR-TH-137 « Raccordement d'un bâtiment résidentiel à un réseau de chaleur », dès lors que le réseau de chaleur est alimenté majoritairement par des énergies renouvelables ou de récupération (dans son état actuel ou dans le cadre d'un projet décidé) et lorsque ce raccordement vient en remplacement d'une chaudière collective au charbon, au fioul ou au gaz non performante (depuis le 29 octobre 2022, la condition quant au fait que l'équipement de chauffage remplacé n'est pas à condensation est supprimée), le montant de CEE s'élève :

$$\begin{cases} \boldsymbol{Bâtiment < 125\ logements : 12\ 000\ 000\ kWh\ cumac} \\ \boldsymbol{Bâtiment > 125\ logements\ : 77\ 000 * Nb_{logements} + 2\ 300\ 000} \end{cases}$$

Réseaux de froid :

Les raccordements des bâtiments aux réseaux de froid ne bénéficient pas de bonification.

Pour le raccordement des sites tertiaires à un réseau de froid, les conditions de la fiche BAT-TH-159 sont :

Secteur	Montant en kWh cumac par kW
Data Center	**26 000**
Cafés, hôtels, restaurants	**10 400**
Santé	**26 000**
Enseignement, recherche	**4 900**
Sport, loisirs, culture	**19 800**
Bureaux	**7 800**
Commerces	**11 300**
Autres	**4 900**

X

Zone climatique	
H1	**1**
H2	**1,3**
H3	**1,8**

X

Puissance thermique en kW
P

2.5.2/ Ma prime rénov'

Nous considérons les aides en fonction des revenus des ménages :

Nombre de personnes composant le ménage (foyer fiscal)	Ménages aux ressources très modestes (MaPrimeRenov' Bleu)	Ménages aux ressources modestes (MaPrimeRenov' Jaune)	Ménages aux ressources intermédiaires (MaPrimeRenov' Violet)	Ménages aux ressources supérieures (MaPrimeRenov' Rose)
1	Jusqu'à **17 009 €**	Jusqu'à **21 805 €**	Jusqu'à **30 549 €**	Supérieurs à **30 549 €**
2	Jusqu'à **24 875 €**	Jusqu'à **31 889 €**	Jusqu'à **44 907 €**	Supérieurs à **44 907 €**
3	Jusqu'à **29 917 €**	Jusqu'à **38 349 €**	Jusqu'à **54 071 €**	Supérieurs à **54 071 €**
4	Jusqu'à **34 948 €**	Jusqu'à **44 802 €**	Jusqu'à **63 235 €**	Supérieurs à **63 235 €**
5	Jusqu'à **40 002 €**	Jusqu'à **51 281 €**	Jusqu'à **72 400 €**	Supérieurs à **72 400 €**
Par personne supplémentaire	**+ 5 045 €**	**+ 6 462 €**	**+ 9 165 €**	**+ 9 165 €**

Les aides, cumulables et par geste sont :

Revenu ménage	Geste	Montant	Unité	Source
Très modeste	Poêle à granulés indiv	1800	€	Ma Prime Rénov'
Très modeste	Réseaux de chaleur*	1200	€	Ma Prime Rénov'
Très modeste	Réseaux de froid*	1200	€	Ma Prime Rénov'
Très modeste	PAC eau/eau	11000	€	Ma Prime Rénov'
Très modeste	PAC air/eau	5000	€	Ma Prime Rénov'
Très modeste	Panneau solaire thermique pour production ECS	4000	€	Ma Prime Rénov'
Modeste	Poêle à granulés indiv	1500	€	Ma Prime Rénov'
Modeste	Réseaux de chaleur*	800	€	Ma Prime Rénov'
Modeste	Réseaux de froid*	800	€	Ma Prime Rénov'
Modeste	PAC eau/eau	9000	€	Ma Prime Rénov'
Modeste	PAC air/eau	4000	€	Ma Prime Rénov'
Modeste	Panneau solaire thermique pour production ECS	3000	€	Ma Prime Rénov'

Intermédiaire	Poêle à granulés indiv	1000	€	Ma Prime Rénov'
Intermédiaire	Réseaux de chaleur*	400	€	Ma Prime Rénov'
Intermédiaire	Réseaux de froid*	400	€	Ma Prime Rénov'
Intermédiaire	PAC eau/eau	6000	€	Ma Prime Rénov'
Intermédiaire	PAC air/eau	3000	€	Ma Prime Rénov'
Intermédiaire	Panneau solaire thermique pour production ECS	2000	€	Ma Prime Rénov'

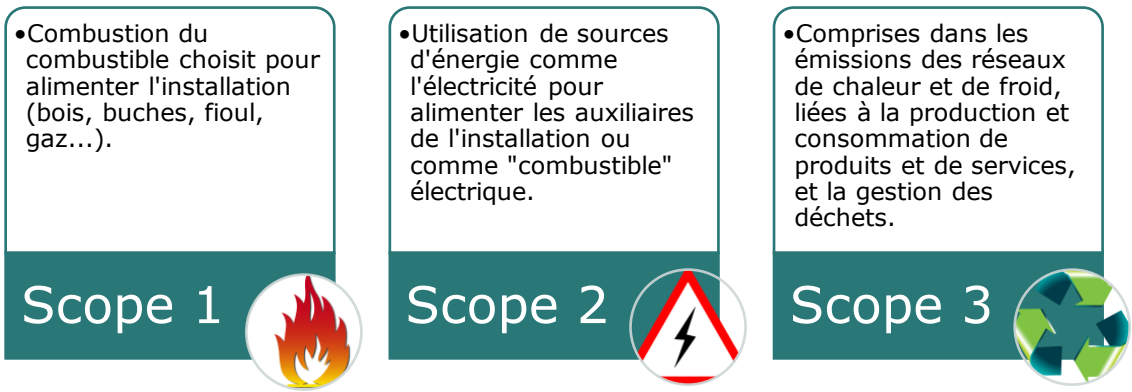
2.5.3/ Méthode par ratios

Les aides peuvent être parfois difficiles à estimer pour les modes de chauffage collectifs. AMORCE a décidé de retenir une méthode simple, par ratio, pour estimer les taux de couverture d'aides des solutions suivantes :

- Chaudières biomasse collectives
- Pompes à chaleur Air/eau collectives
- Pompes à chaleur Eau/eau collectives

Le ratio retenu concerne la part des investissements qui sera couvert par les aides. **Ce ratio est estimé à 35%.**

3/ Environnemental



3.1/ Scope 1 : Émissions directes

3.1.1/ Définition du paramètre

Scope 1 : Émissions directes de chacun des secteurs d'activité. Les émissions directes correspondent aux **émissions de GES physiquement produit** par une activité : la combustion d'un combustible, les émissions de process, les fuites de gaz

fluorés... Le périmètre des émissions directes se restreint à l'immeuble ou la maison concerné.

Dans notre cas, le scope 1 concerne les installations individuelles ou collectives faisant appel à une combustion interne pour produire de l'énergie. L'énergie est utilisée pour le chauffage ou bien pour chauffer de l'eau chaude pour les besoins en eau chaude sanitaire.

3.1.2/ Variables

Pour déterminer les émissions directes de chaque installation, nous multiplions les besoins en énergie par les ratios d'émissions de CO2 équivalent :

$$E_{CO2} = B_{tot} \times Emission_{spé}$$

- $B_{tot} =$ *les besoins totaux en énergie pour se chauffer* : kWh
- $Emission_{spé} =$ *emissions spécifique au combustible utilisé* : $kg\ eq.\frac{CO2}{kWh} PCI$

Les besoins totaux peuvent varier en fonction de la capacité de l'installation. Certaines installations ne produisent pas d'eau chaude sanitaire et requièrent une installation de production d'eau chaude sanitaire indépendante.

Lorsque l'installation produit seulement du chauffage (par exemple certains réseaux de chaleur urbains ne fournissant pas de chaleur l'été) :

$$B_{tot} = B_{cha}$$

Lorsque l'installation produit du chauffage et de l'eau chaude sanitaire (par exemple la chaudière fioul individuelle) :

$$B_{tot} = B_{cha} + B_{ecs}$$

Lorsque l'installation ne suffit qu'au besoin de climatisation (par exemple les réseaux de froid urbain) :

$$B_{tot} = B_{fr}$$

3.1.3/ Exemple

Prenons l'exemple d'une installation ayant la capacité de produire de la chaleur et de l'eau chaude sanitaire : **Une chaudière à gaz individuelle avec condensation**

Cette installation produira le chauffage et l'eau chaude sanitaire pour un logement de 2 personnes habitant dans le Rhône. Ils résident dans un 70m^2.

Nous appliquons la formule suivante pour obtenir les émissions directes liées à l'installation :

$$E_{CO2} = B_{tot} \times Emission_{spé} = 7877 \times 0.243 = 1914\ kgCO2eq.$$

- $B_{tot} = B_{cha} + B_{ecs} = 1319 + 595 = 3959 : kWh$
- $Emission_{spé} =\ 0.243\ g\ eq.\frac{CO2}{kWh} PCI$

3.1.4/ Sources

Chaque nom du combustible a été attribué en fonction du type du combustible et de l'installation avec laquelle il est couplé.

Les ratios choisis pour les émissions spécifiques par combustible en fonction des installations sont les suivants :

Variable de référence	Données	Unités	Sources	Année
Granulé poêle à bois	0,032	kg éq.CO2/kWh PCI	Base Empreinte	2023
Granulé chaudière	0,027	kg éq.CO2/kWh PCI	Base Empreinte	2023
Buches poêle à bois	0,046	kg éq.CO2/kWh PCI	Base Empreinte	2023
Buches chaudière	0,032	kg éq.CO2/kWh PCI	Base Empreinte	2023
Gaz chaudière	0,243	kg éq.CO2/kWh	Base Empreinte	2023
Fioul chaudière	0,314	kg éq.CO2/kWh	Base Empreinte	2023
Biogaz chaudière	0,0445	kg éq.CO2/kWh	Base Empreinte	2023

3.2/ Scope 2 : Émissions indirectes

3.2.1/ Définition du paramètre

Scope 2 : Émissions indirectes, liées à l'énergie utilisée. Elles correspondent à **la consommation d'une énergie finale dont les émissions ne sont pas émises sur le lieu de consommation, mais de production.** On peut distinguer deux énergies utilisées : l'électricité et la chaleur.

Dans notre étude, deux types d'installation sont concernées par une production d'énergie en dehors du périmètre de l'utilisateur :

- Les réseaux de chaleur,
- Les installations qui consomment de l'électricité produite par le parc électrique français.

3.2.2/ Variables

Il y a 2 types d'énergie qui puissent être utilisées par les utilisateurs et dont la production se fait en dehors du périmètre du résident : de l'électricité et de la chaleur.

Les émissions dû à la consommation d'électricité sont causées par :

- Consommation d'électricité due aux auxiliaires,
- Consommation d'électricité pour le fonctionnement des installations, c'est le cas des pompes à chaleur (PAC).

Les émissions dues à la production de chaleur concernent les réseaux de chaleur et de froid et le solaire thermique.

On applique la formule suivante :

$$E_{CO2} = Conso_{aux} \times Emission_{moy}$$

- $Conso_{aux} =$ *consommation en électricité des auxiliaire par installation* : kWh
- $Emission_{moy} =$ *emissions moyennes par rapport aux installations* : $kg\ eq.\frac{CO2}{kWh}$

Les besoins en eau chaude sanitaire et les besoins d'électricité des auxiliaires sont déterminés lors des calculs techniques.

3.2.3/ Exemple

Prenons l'exemple d'une pompe à chaleur air/air. Cette installation requière un système de chauffage individuel, prenons l'exemple d'un ballon électrique.

Nous allons appliquer la formule suivante pour calculer les émissions d'une installation subvenant aux besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire :

$$E_{CO2} = Conso_{aux} \times Emission_{moy} + B_{ecs} \times Emissions_{moy} = 1809 \times 0{,}052 + 2450 \times 0{,}052 = 221\ kgeq.CO2$$

- $Conso_{aux} =$ *consommation en électricité de la PAC* : kWh
- $Emission_{moy} =$ *emissions moyennes de la consommation d'électricité provenant du parc français* : $kg\ eq.\frac{CO2}{kWh}$
- $B_{ecs} =$ *besoins en eau chaude sanitaire de l'usager* : kWh

3.2.4/ Sources

Variables de référence	Données	Unités	Sources	Année
Photovoltaïque	0,0439	kgCO2e/kWh	Base Empreinte	2023
Parc électrique français moyenne	0,052	kgCO2eq/kWh	Base Empreinte	2023
Ratio moyen RC	0,112	kgCO2e/kWh	DPE	2022
Ratio moyen RF	0,021	kgCO2e/kWh	DPE	2022

Les valeurs des émissions de gaz à effet de serre des réseaux de chaleur viennent de l'arrêté DPE le plus récent (initialement l'arrêté du 15 septembre 2006, mis à jour tous les ans). Il prend en compte les émissions directes et indirectes. Nous ne séparons pas pour cette installation les émissions directes car elles sont produites en dehors du périmètre de l'utilisateur. Pour les réseaux qui ne sont pas renseigné, nous avons calculé la moyenne des émissions au prorata de leur puissance :

$$\sum Emission_{ACV} \times E_{production}) \frac{1}{\sum E_{production}} = Emissions_{moyen}(kgCO2équivalent)$$

3.3/ Scope 3 : Émissions indirectes

3.3.1/ Définition du paramètre

Le Scope 3 considère le bilan complet des flux entrants et sortants, des ressources énergétiques, matières premières et transports nécessaires pour fabriquer un produit ou un système, dans notre cas une installation de production de chauffage et/ou de production d'eau chaude sanitaire.

Dans nos calculs, nous considérons les émissions du scope 3 ayant un impact climatique. Ces émissions dépendent du dimensionnement des installations, et donc de la puissance calculée dans le volet de l'outil « calculs techniques ».

3.3.2/ Variables

Pour calculer les émissions du scope 3 d'une installation, nous devons d'abord déterminer les besoins auxquels il faut subvenir. Les émissions du scope 3 dépendant de la dimension de l'installation, nous faisons la différence entre une utilisation individuelle de l'installation et collective/tertiaire.

Pour calculer ces émissions, il faut multiplier la puissance de notre équipement par les émissions ramenées au kW :

$$E_{CO2} = Puissance_{équipement} \times Emission_{CO2-INS}$$

- $Puissance_{équipement} = Puissance\ de\ l'installation : kW$
- $Emission_{CO2-INS} = Emissions\ du\ scope\ 3\ de\ l'installtion : kg\ eq.\frac{CO2}{kW}$

Pour les réseaux de chaleur et de froid, nous prenons un ratio de la FEDENE équivalent à 0.004 kgCO2équ/kg.

3.3.3/ Exemple

Prenons l'exemple d'une chaudière collective avec condensation pour une résidence de 5 appartements de chacun 70 mètres carré. Cette installation ne requière pas d'installation supplémentaire pour la production d'eau chaude sanitaire.

Nous allons appliquer la formule suivante pour calculer les émissions du scope 3 d'une installation subvenant aux besoins de chauffage et d'eau chaude sanitaire :

$$E_{CO2} = Puissance_{équipement} \times Emission_{CO2-INS} = 25\ \times 20 = 500$$

- $Puissance_{équipement} = Puissance\ d'une\ chaudière\ collective\ à\ condensiation : kW$
- $Emission_{CO2-INS} = Emissions\ du\ scope\ 3\ de\ l'installtion :\ kg\ eq.\frac{CO2}{kW}$

3.3.4/ Points de vigilance

Dans l'outil, l'affichage des données est arrondi à l'unité. Cela permet un affichage plus clair des résultats. Cependant lorsque l'outil fait la multiplication de deux variables, il prend bien en compte les chiffres après la virgule, permettant d'être plus précis. C'est pour cela que dans notre exemple nous ne tombons pas sur exactement le même résultat.

3.3.5/ Sources

Variable de référence	Données	Unités	Sources	Années
RCU	0,004	kg CO2 éq./kWh	FEDENE	2022
RFU	0,004	kg CO2 éq./kWh	FEDENE	2022
Poêle à granulés indiv	122	kg CO2 éq./kW	INIES	2022
Chaudière à granulés coll	102	kg CO2 éq./kW	INIES	2022
Gaz indiv avec cond	3 000	kg CO2 éq./kW	INIES	2022
Gaz indiv sans cond	25	kg CO2 éq./kW	INIES	2022
Gaz coll avec cond	25	kg CO2 éq./kW	INIES	2022
Gaz coll sans cond				
Fioul indiv	112	kg CO2 éq./kW	INIES	2022
Fioul coll	43	kg CO2 éq./kW	INIES	2022
Solaire thermique	9	kg CO2 éq./L	INIES	2022

Ballon électrique	6	kg CO2 éq./L	INIES	2022
PAC air/air indiv	2 229	kg CO2 éq./kW	INIES	2022
PAC eau/eau indiv	622	kg CO2 éq./kW	INIES	2022
PAC air/eau indiv	7 420	kg CO2 éq./kW	INIES	2022
PAC air/air collectif/tertiaire	7 227	kg CO2 éq./kW	INIES	2022
PAC eau/eau collectif/tertiaire	3 559	kg CO2 éq./kW	INIES	2022
PAC air/eau collectif/tertiaire	249	kg CO2 éq./kW	INIES	2022
Radiateur électrique	1	kg CO2 éq./L	INIES	2022

Chapitre 3 Glossaire

La période de chauffe : période pendant laquelle vous utilisez votre chauffage pour maintenir une température confortable à l'intérieur de votre maison ou de votre bâtiment. En France, la période de chauffe est définie généralement du 15 octobre au 15 avril.

Le DPE : La réalisation d'un DPE est obligatoire à l'occasion de la vente d'un logement ou d'un bâtiment, lors de la signature d'un contrat de location d'un logement ou d'un bâtiment d'habitation, ainsi que pour les bâtiments neufs. Un DPE est valable 10 ans et doit être validé par l'ADEME.

DJU : Les DJU correspondent à la différence de degrés Celsius entre une température de référence que l'on souhaite maintenir à l'intérieur et les températures extérieures. En France, cette température de référence est généralement fixée à 18°C.

DJU de référence : Le DJU de référence correspond à la somme des DJU sur une période de chauffage de 232 jours (du 1er octobre au 20 mai).

DJU spécifique : Le DJU spécifique correspond au DJU à la maille départementale d'où est situé le logement.

Zone climatique (H1, H2, H3) : On distingue trois zones climatiques en France. H1, la zone la plus froide, la moitié Nord-Est de la France. H2, une zone tempérée à l'Ouest et au Sud-Ouest. H3, la zone la plus chaude, le Sud-Est de la France et les DOM-TOM.

Chapitre 4 Guide pas à pas

Complément à venir

