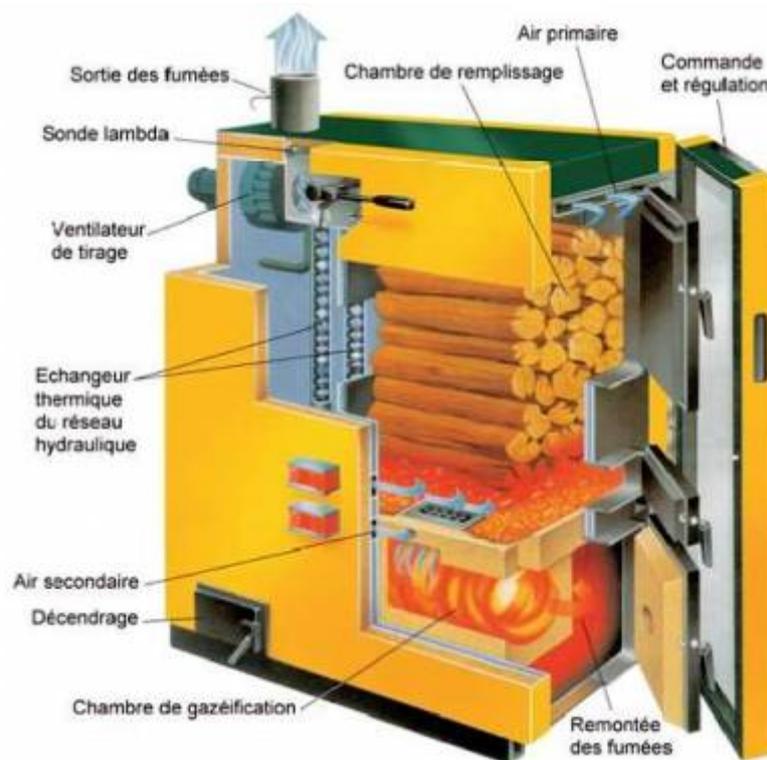


Les solutions de chauffage écologique

Aujourd'hui les systèmes de chauffage faisant appel à de l'énergie renouvelable et identifiés par l'ADEME sont les chaudières à bois, la pompe à chaleur aérothermique et géothermique, le système solaire combiné, le réseau de chauffage urbain et les poêles à bois. Ces chauffages sont ici présentés de manière individuel et une comparaison entre ces solutions est présentée.

Chaudière au bois

Une chaudière est composé d'un foyer et d'un système d'échange de chaleur avec un fluide, généralement de l'eau, permettant de chauffer l'ensemble de l'habitat par circulation. À l'image de la chaudière KWB France illustré ci-dessous, la chaudière permet de stocker beaucoup de bois. Elles sont donc puissantes et adaptées pour chauffer plusieurs pièces avec une autonomie importante.



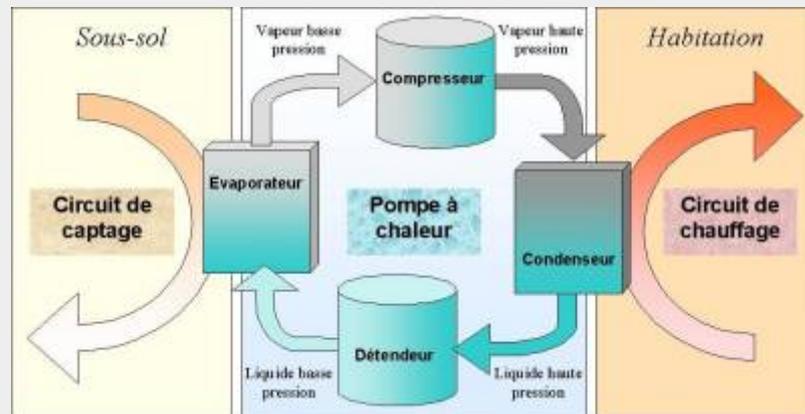
Le rendement des chaudière varient d'une technologie à une autre et dépendent en grande partie de la conception du foyer et de l'emplacement de l'arrivée d'air. D'autre part, le meilleur rendement est atteint lorsque le fonctionnement est proche de la pleine puissance de l'appareil. Par conséquent, il est important de bien dimensionner sa chaudière et éviter de la surdimensionner.

La chaudière peut être réglée en jouant sur le tirage d'air (quantité d'air circulant dans le foyer). Cependant, un fonctionnement à bas régime n'est pas souhaitable car le rendement est moins bon et la pollution plus importante. D'autre part les chaudières à plaquettes permettent une régulation de la quantité d'énergie produite par une variation de l'alimentation en bois (impossible avec des bûches).

Pompe à chaleur aérothermique et géothermique

La pompe à chaleur est un système permettant de capter de l'énergie au sein d'un milieu froid et de

le restituer au sein d'un milieu chaud. Pour cela, un fluide frigorigène est utilisé en raison de ses caractéristiques thermophysiques.



Cycle d'un frigorigène au sein d'une PAC d'après [Wikipedia CC by SA-3.0](#)

Les frigorigènes utilisés peuvent s'évaporer au contact de l'air froid situé à l'extérieur de la maison. Le frigorigène est ensuite comprimé au sein de la PAC afin de monter en température. Lorsque le frigorigène vapeur est à haute pression, sa température est supérieure à la température ambiante de la maison. Il cède alors son énergie à l'habitat et se refroidit progressivement. Le frigorigène repasse au sein de la PAC pour se détendre et retourne à un état de basse température et de basse pression.



PAC aérothermique Mitsubishi installé à l'extérieur d'une maison Source : [Comathec](#)

Une PAC aérothermique permet de capter de l'énergie provenant de l'air extérieur à la différence de la PAC géothermique qui vient capter l'énergie au sein de la terre, à l'extérieur de la maison. Pour

cela, des tuyaux sont enterrés et permettent au fluide de venir se réchauffer à des températures proches de 10 à 13°C durant l'hiver. Ainsi le potentiel d'énergie à capter est plus important que dans l'air extérieur.



Pompe à chaleur géothermique par [Bioclimatic Technology](#)

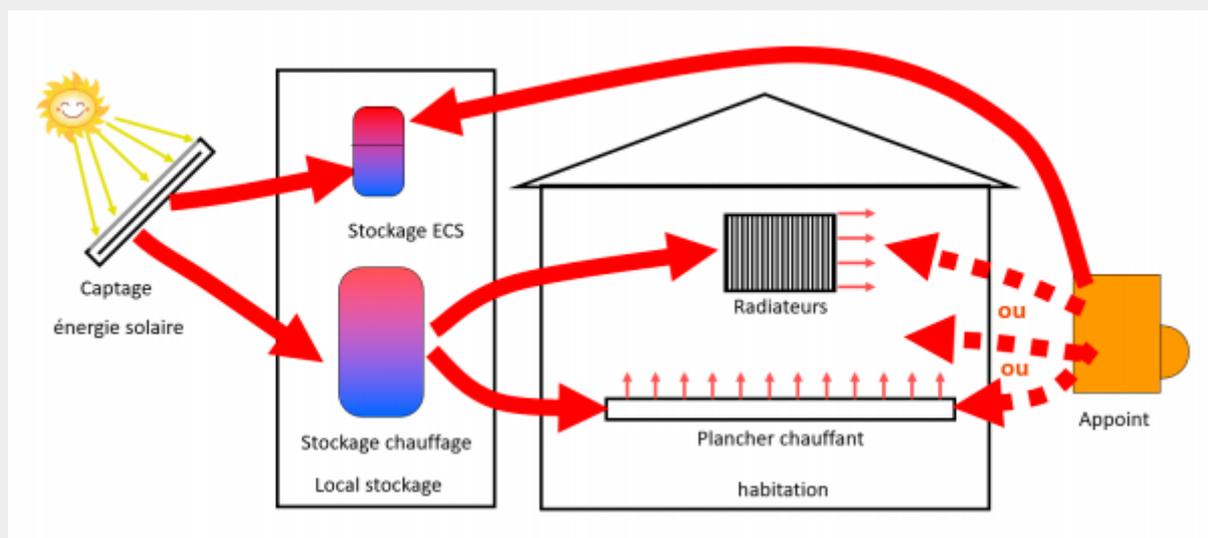
Systeme solaire combiné

Le SSC (système solaire combiné) est composé de capteur thermiques solaires qui permettent de capter l'énergie issue des rayonnements du soleil et de la transmettre à un fluide qui permet ensuite de chauffer l'eau chaude sanitaire et de chauffer la maison.

Le fonctionnement est proche du CESI (capteur solaire thermique individuel) permettant la production d'ECS (eau chaude sanitaire). Le SSC dispose d'un régulateur permettant d'activer une seconde source d'énergie lorsque cela est nécessaire en raison d'un ensoleillement trop faible.



Le chauffage de l'habitat est réalisé par le biais d'une circulation de l'eau chaude au sein d'un plancher qui permet de stocker l'énergie dans l'habitat. Il peut également y avoir un stockage de la chaleur dans un ballon avant d'être diffusée.



Représentation schématique du fonctionnement d'un Système Solaire Combiné par QualiENR

L'inconvénient de l'usage d'une installation solaire repose dans le fait que l'énergie solaire ne peut couvrir 100% des besoins en énergie et qu'il est donc nécessaire d'avoir une source d'énergie secondaire.

D'autre part, lorsque l'installation d'un SSC nécessite la mise en place d'un système à hydro accumulation (ballon tampon) il faut prévoir les raccords, une emprise au sol de 1,5 à 3m², une hauteur sous plafond de 2,50m et un accès permettant d'insérer le ballon.

Lorsque le stockage de la chaleur est réalisé par le système de plancher chauffant, une épaisseur de dalle de 12 à 15 cm est prévu et un système de décharge de la chaleur est à prévoir pour les périodes où les capteurs produisent plus que d'énergie nécessaire.

Réseau de chauffage urbain au bois ou géothermique

Le réseau de chauffage urbain permet de chauffer plusieurs à l'habitat d'une zone urbaine. La production de chaleur est réalisée par une ou plusieurs chaufferies, transporté par des conduites de canalisation, généralement sous la forme d'eau liquide, puis distribué aux habitats de la zone urbaine.

Les chaufferies peuvent utiliser la géothermie ou le bois-énergie pour leur fonctionnement. En France, près de 2,3 millions de logement utilisent le réseau de chauffage urbain dont près de 500 000 en région parisienne. Les réseaux de chauffage urbains installés près de Paris utilisent un mix énergétique suivant :

- 41 % issue de la valorisation thermique des déchets collectés
- 30% de gaz
- 16% de charbon
- 12 % de biomasse (dont bois)
- 1 % de géothermie



Fonctionnement d'un [réseau de chaleur urbain](#) d'après Power Solution CC by SA 3.0

Le réseau de chauffage urbain est intéressant au sein des villes car l'important volume de production permet de générer des économies d'échelles et d'atteindre des performances élevées. De plus l'utilisateur ne se préoccupe pas de l'entretien de l'appareil de chauffage ni de l'emplacement dans son logement.

Cependant, le mix énergétique des réseaux de chauffage repose encore en partie sur l'utilisation de gaz et de charbon et émet donc des gaz à effet de serre.

Au niveau du prix, le coût du kWh est de 5 à 8c€ tandis qu'un raccordement à un réseau de chaleur est facturé entre 500 et 2000€ par logement¹⁾. L'installation de radiateurs à eau permettra ensuite de distribuer l'énergie au sein de votre habitat (prévoir entre 50 et 1000€ par radiateur en fonction de la puissance et du type de radiateur).

Poêle à bois

Le bois est une énergie renouvelable. En effet, la quantité de CO₂ absorbé durant la croissance d'un arbre permet de compenser la quantité de CO₂ émis durant la combustion du bois.

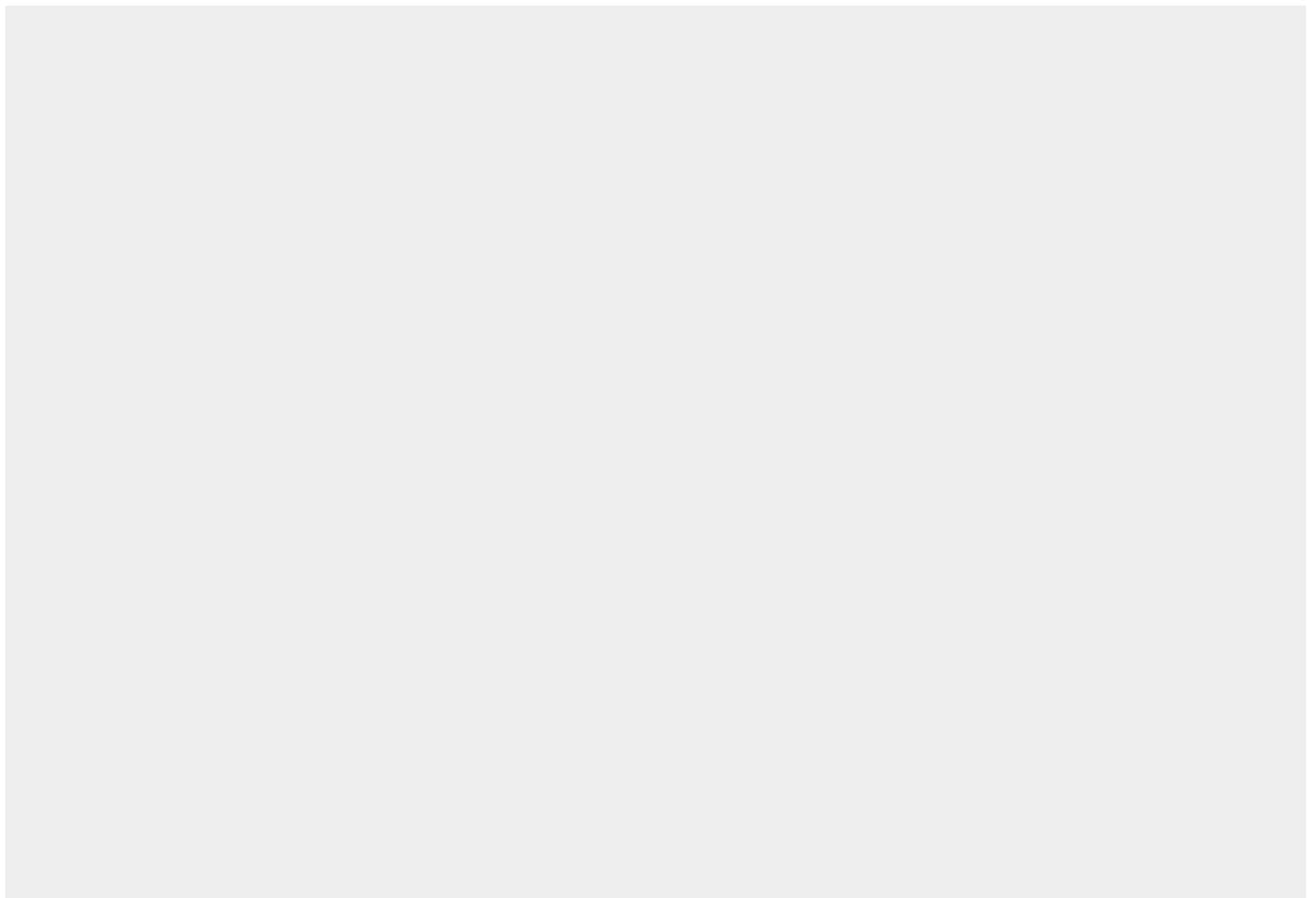
En France, la forêt s'accroît de 40 000 hectares par an et permet de séquestrer 65 millions de tonnes de CO₂ par an²⁾.

Dans une gestion d'un parc forestier maîtrisé, l'empreinte carbone du chauffage au bois est considérée comme nulle.

Pour autant, tous les poêles ne se valent pas et ont des rendements de combustion et des émissions polluantes variables. Pour cette raison, le Label Flamme Verte a été mis en place par des fabricants et par l'ADEME afin de garantir un gage de qualité en normalisant des critères de rendement et d'émission.

Les appareils de chauffage sont de plus en plus performants et il existe une diversité dans le choix des combustibles (bûches, briquettes, plaquettes, granulés). Aujourd'hui, le chauffage au bois présente un avantage de coût : le coût énergétique moyen du bois est de 3,5c€/kWh. Le prix du kWh varie en fonction du type de bois³⁾ :

- Plaquettes : 2,7c€
- Bûche de 50cm : 2,9c€
- Granulés en vrac : 4,8c€
- Granulés en sac : 6,0c€

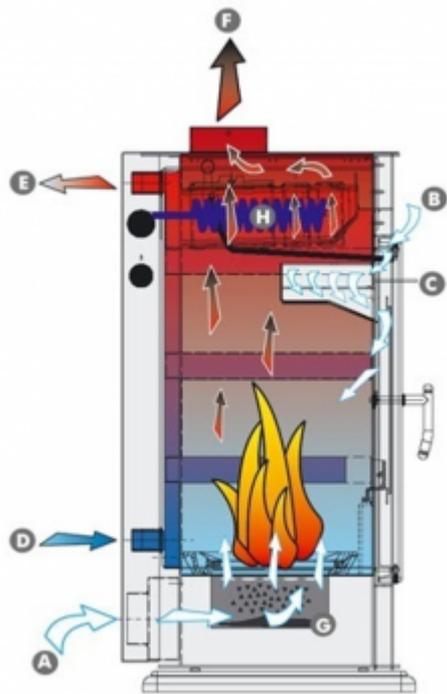




Poêle de masse réalisé par [Damien Lehmann](#)

Poêle hydro

Le poêle hydro fonctionne avec des granulés et une réserve de combustible amenée au foyer par une vis sans fin permettant ainsi une gestion autonome. Il comporte un bouilleur intégré permettant d'être raccordé à un chauffage central et de chauffer l'eau chaude sanitaire ou un circuit de radiateur à eau. Il permet également de chauffer l'air et chaque poêle-hydro possède sa propre répartition de chaleur dans l'air et dans l'eau. Elle est généralement portée sur l'eau (90% eau / 10% air)⁴.



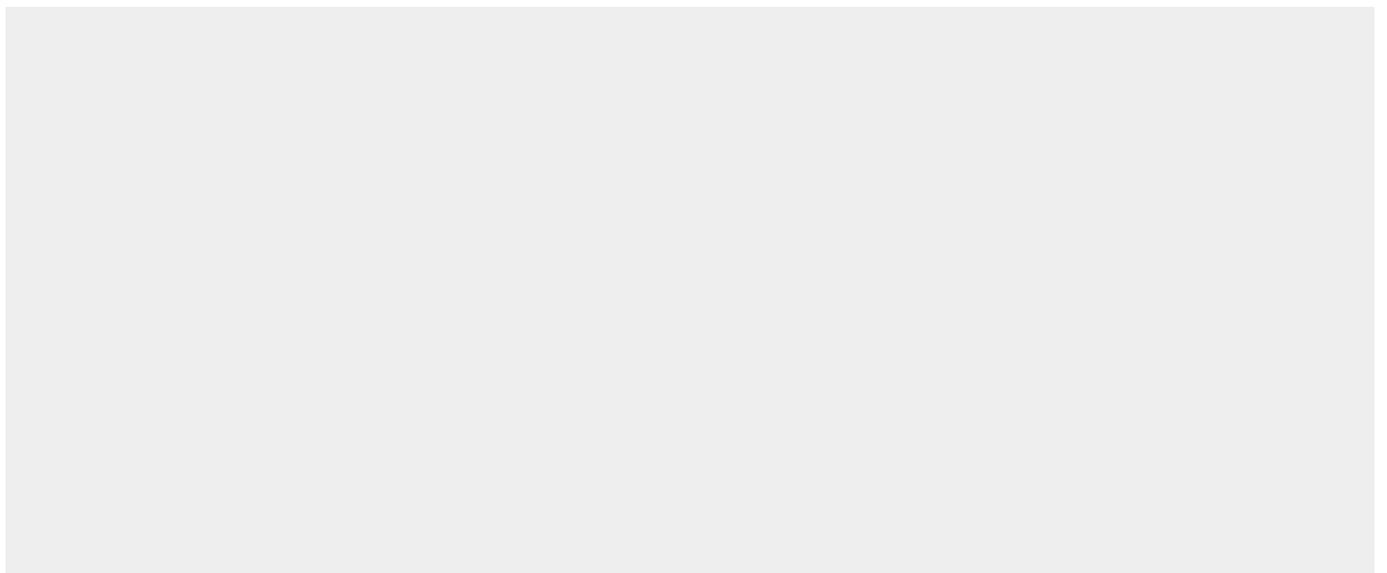
- A. Entrée air de combustion primaire
- B. Entrée air secondaire
- C. Manette de réglage de l'air secondaire
- D. Entrée eau froide
- E. Sortie eau chaude
- F. Sortie fumée
- G. Bac à cendres
- H. Echangeur

Poêle hydro - source [Edilkamin](#)

Poêle de masse

Le poêle de masse se caractérise par une taille imposante et un poids variant généralement entre 1 et 6 tonnes. Cela s'explique par les matériaux lourds utilisés afin de stocker l'énergie d'une flambée et restituée sur une longue période une fois le feu éteint. La pierre ou la brique peuvent être utilisées et restituent la chaleur dans la durée : on parle également de poêle à inertie. La présence de ces briques, également appelée zone tampon permet d'apporter un confort thermique que ne présentent pas les poêles classiques.

Le poêle de masse peut être en grande partie fabriqué avec des ressources locales comme la terre crue en Pays de la Loire, limitant ainsi la part d'énergie grise dans la fabrication du poêle.





Poêle de masse type Batchrocket construit par Peter Van der Berg en 2015

Il y a de nombreuses conceptions de poêle de masse qui sont généralement réalisés de manière artisanales et sont adaptées en fonction du logement et de l'utilisation. Une seule flambée d'une durée compris entre 1 et 3 heures, rapide et intense (8 à 25kg de bois par heure), suffit pour chauffer la pièce durant 24 heures. L'échange de chaleur est alors réalisé par rayonnement à des températures comprises entre 50 et 70°C. Le circuit en brique permet d'utiliser toute l'énergie disponible dans les fumées chaudes et de les faire ressortir par la cheminée à des températures proches de 150°C.

Comparatif des solutions

Pour comparer ces solutions, il parait pertinent de considérer l'investissement à l'achat, le coût d'usage, l'entretien, le rendement, l'impact environnemental et l'approvisionnement. Les chiffres indiqués ci-dessous sont des ordres de grandeurs représentative du prix du marché et en aucun cas des valeurs évaluées de manière objective. De plus cette comparaison a des limites évidentes comme la taille du bâtiment à chauffer. Une chaudière sera plus adaptée pour des grands bâtiments tandis qu'un poêle fera l'affaire pour des petites pièces. Une analyse plus poussée est donc à réaliser en fonction du besoin de chauffage.

Afin de considérer le coût d'usage, le prix du kWh en centimes d'euros est affiché. Il est également considéré le coût énergétique annuel d'une maison de 100 m² consommant près de 15 000kWh.

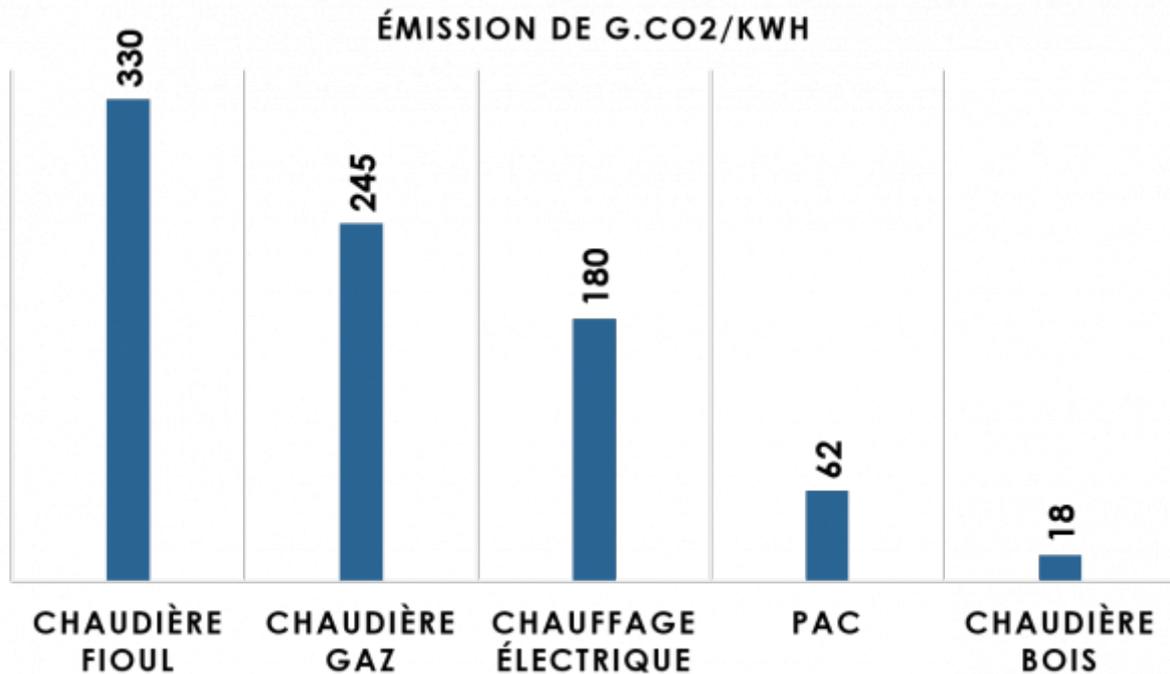
Type de chauffage	Investissement à l'achat (€)	Coût d'usage (c€/kWh)	Impact environnemental (gCO2/kWh)
Chaudière à bois granulés ou buche	14 000/6500 (buche) + 6000€ (pose) = 20 000/12 500	3,5c€/kWh (525€)	18
Pompe à Chaleur aérothermique et géothermique	8 900/11 500 + 1300 (pose) + 3000 (radiateurs) = 13 200/15 800	4,7 c€/kWh (705€)	72 - 52
Système Solaire Combiné	15 500 (pose compris)	0c€/kWh (0€)	~6
Réseau de chauffage urbain	1500 (pose) + 3000 (radiateurs) = 4 500	6,5 c€/kWh (975€)	116 ⁵⁾
Poêles à bois classique en fonte	2000 + 1500 (pose) = 3 500	3,5c€/kWh (525€)	18

Cette comparaison montre l'investissement important réalisé lors de l'installation d'une chaudière à bois, d'un système solaire combiné ou d'une pompe à chaleur. D'après l'enquête TREMI réalisé par l'ADEME⁶⁾, le budget moyen alloué par les français pour le changement du chauffage est de 5000€ en dessous de ces montants.



Impact environnemental

L'empreinte carbone dépend du type d'énergie utilisée. Il est intéressant de comparer les émissions de Carbone pour un kWh d'énergie thermique fournie à l'habitat en considérant les émissions de CO₂ des énergies primaires et de rendement moyen. Cette estimation, réalisée sur Wikipédia à partir de valeurs fournies par le Ministère de la Transition écologique⁷⁾ pour le calcul du Diagnostic de Performance Énergétique, permet de comparer les différentes sources d'énergie. Pour autant, il est plus difficile d'identifier les technologies ayant un faible impact en terme d'énergie grise, c'est à dire lors des différentes phase de vie du produit : la production, l'extraction, la transformation, la fabrication, le transport, la mise en œuvre, l'entretien et enfin le recyclage.



À titre de comparaison, un [chauffage solaire](#) permettant de produire 530kWh en une année consomme près de 16,8kWh électrique, soit une émission de 5,7 gCO2/kWh.

Entretien

Il est également nécessaire de réaliser un entretien de son chauffage de manière régulière. Pour les chauffages utilisant un circuits d'eau (chaudière, SSC, PAC air/eau), il peut être nécessaire de réaliser un débouage et un détartrage pour dégager les circuits et améliorer les échanges de chaleur. Il est ici présenté le type d'entretien et le prix moyen de ces prestations :

- **Système Solaire Combiné** : Il est nécessaire de contrôler une fois par an le niveau d'antigel (~150€). Une vidange de l'installation est également nécessaire tous les 5 ans (~150€). Un débouage peut être envisagé au bout de quelques années (~500€).
- **PAC** : Un entretien régulier de la PAC par un professionnel (l'installateur en général) ou chauffagiste représente environ 150€ par an. Un débouage peut être envisagé au bout de quelques années (~500€).
- **Poêles à bois** : Les poêles doivent être ramonés une à deux fois par an par un professionnel (~115€). Un entretien du poêle doit également être prévu pour un montant proche de 140€.
- **Chaudière** : Un entretien de maintenance de la chaudière doit être obligatoirement réalisé une fois par an (~150€). Un débouage du circuit peut être envisagé au bout de quelques années (~500€).

Rendement

Le rendement d'un chauffage traduit la quantité d'énergie restitué à l'habitat par rapport à l'énergie consommée.

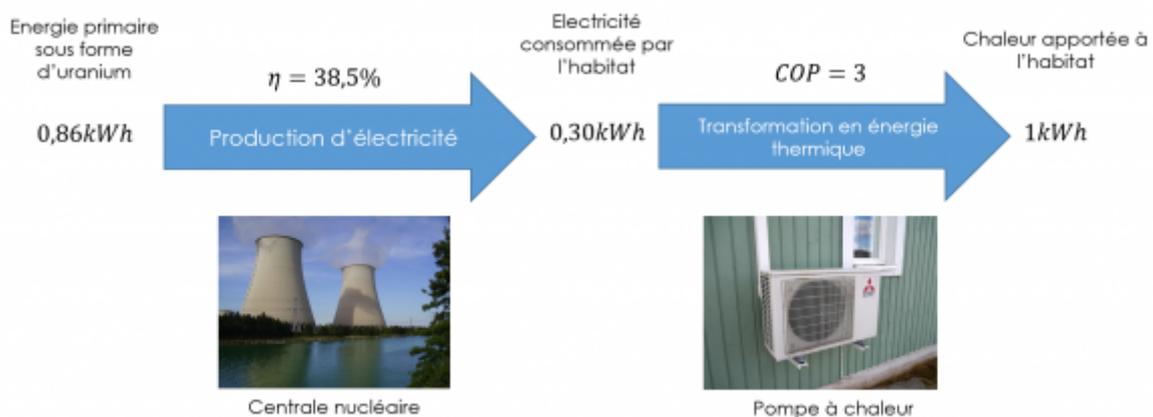
$$\eta = \frac{P_{\text{habitat}}}{P_{\text{consommée}}}$$

Les rendements affichés par les fabricants de chauffage sont toutefois à relativiser. Pour illustrer le

propos, voici 3 exemples concrets :

- Pour une installation solaire, les rendements indiqués sont généralement donnés pour une orientation optimale. Le rendement varie en fonction de la saison, de l'emplacement géographique, de l'orientation ou encore de l'ombrage du panneau.
- Pour une pompe à chaleur, le COP (Coefficient de performance) indiqué correspond à la quantité de chaleur produite sur la quantité d'électricité consommée par l'utilisateur. Pour autant, ce rendement est à relativiser puisqu'il faut 2,58kWh d'énergie primaire pour fournir 1kWh d'électricité à l'utilisateur en raison du rendement d'une centrale nucléaire et des pertes liées au transport de l'électricité⁸⁾.

Avec un Coefficient de performance de 3, il faudra donc que la centrale nucléaire consomme 0,86kWh d'énergie primaire pour produire 1kWh d'énergie thermique.



Dans un rapport sur les modes de chauffage individuels⁹⁾, l'Ademe proposait une analyse visant à comparer différentes solutions de chauffage dont les chaudières/poêles à bois, les Systèmes Solaires Combinés et les Pompes à Chaleur.

Type de chauffage	Rendement sur énergie primaire	Taux d'énergie renouvelable
Biomasse (poêle/chaudière)	70-90%	90-100%
PAC	130-160%	60-70%
SSC	120-130%	45-55%

Cette analyse considère la performance globale de l'installation de chauffage comprenant les rendements de distribution (isolation des réseaux), d'émission (type de radiateurs), de régulation/programmation (programmateur, robinets thermostatiques...) et ne se limite pas à la performance du chauffage.

Les systèmes utilisant l'énergie solaire ne peuvent couvrir la totalité des besoins d'eau chaude et de chauffage tout au long de l'année et sont donc couplés à une énergie d'appoint (gaz, électricité, bois). Par conséquent, le taux d'énergie renouvelable est plus bas (45-55%) que pour la PAC et l'énergie bois. Cependant, un SSC couplé avec un poêle à bois aura un taux d'énergie renouvelable intéressant.

Usage

L'usage de chaque chauffage diffère et présente des avantages et inconvénients qu'il est intéressant de considérer à l'achat :

- Poêle à bois : l'utilisation d'un poêle recourt à un approvisionnement en bois sous forme de bûches ou de granulés. Cela prend du temps et est parfois contraignant pour l'utilisateur. De même la recharge manuel du poêle peut représenter une charge physique absente pour d'autres formes de chauffage.
- PAC : Les pompes à chaleur peuvent être bruyantes et il convient de prévoir un emplacement adapté pour ne pas être gêné ni déranger le voisinage.
- Chaudière à bois : La chaudière présente les mêmes problématiques d'approvisionnement qu'un poêle. Son encombrement requiert quelques mètres carrés dans un local adapté (garage, buanderie, local technique...)
- Réseau urbain : son avantage pour l'utilisateur repose sur une gestion décentralisée de la production de chauffage. Il n'y a donc pas d'espace ni d'entretien à prévoir. Cependant, il n'est envisageable qu'en ville.
- SSC : Son installation requiert de la place afin d'installer le ballon d'eau chaude et des panneaux sur les toits ou dans le jardin. Son installation en plancher chauffé demande également une logistique plus importante.

1)

[Réseau de chaleur par Quelle énergie](#)

2)

Source IFN et ONF

3)

QualiBois - Données techniques du bois énergie - Mars 2011

4)

[Poêle granulé Hydro par Conseils Thermiques](#)

5)

[Empreinte carbone du réseau de chaleur urbain en France](#)

6)

[Enquête TREMI - Travaux de Rénovation Énergétique des Maisons individuelles - Campagne 2017](#)

7)

[Empreinte Carbone Wikipédia](#)

8)

[Le nucléaire en chiffres par EDF](#)

9)

Modes de chauffage individuel - Ademe - Décembre 2014

From:

<https://wiki.enerlog.fr/> - **Wiki Enerlog**

Permanent link:

https://wiki.enerlog.fr/doku.php?id=espace_public:thermique_habitat:chauffage_ecologique



Last update: **2021/03/10 18:14**