



Sciences et technologies de l'Industrie et du développement durable

DETERMINATION DU BESOIN CALORIFIQUE ANNUEL

1) Les degrés jour unifiés :

Les degrés jour unifiés ou DJU permettent de réaliser des estimations de consommation d'énergie thermique pour le chauffage d'un bâtiment en proportion de la rigueur de l'hiver. Ils sont calculés généralement sur une base de 18°C (température extérieure inférieure ou égale à 18°C) pour une période de chauffe de 232 jours allant du 1^{er} octobre au 20 mai.

Il existe deux méthodes de calcul des DJU donnant des résultats différents :

- une méthode dite « Météo » avec un calcul simple
- une méthode dite « Professionnels de l'énergie » avec un calcul plus élaboré* conforme à la méthode réglementaire du Costic (centre d'études et de formation pour le génie climatique et l'équipement technique du bâtiment).

Dans la méthode « Météo », le nombre de degrés jours unifiés base 18 DJU₁₈ est déterminé par la formule suivant :

$$DJU_{18} = \sum [n_i \cdot (18 - \theta_i)]$$

avec DJU₁₈ = degrés jour unifiés de base 18°C en °C.jours

θ_i = température moyenne journalière $\theta_i = (\theta_{\min} + \theta_{\max})/2$

n_i = nombres de jours à la température θ_i

Il n'y a pas de DJU négatifs. En France, le total annuel moyen va de 1400 DJU pour la côte Corse à 3800 DJU dans le Jura. Pour un hiver de rigueur moyenne le nombre de DJU se situe entre 2000 et 3000 pour la majeure partie du territoire métropolitain.

* Pour plus de détails sur le calcul des DJU selon les deux méthodes, voir le site :

<http://climatheque.meteo.fr/Docs/DJC-methode.pdf>

2) Le besoin calorifique annuel :

Le besoin calorifique annuel correspond à la consommation annuelle en chauffage d'un bâtiment. Il est exprimé en kWh/an. Il est calculé avec la formule suivante :

$$C = \text{Dep} \cdot \text{DJU}_{18} \cdot 24 \cdot 3600 \cdot i / \eta$$

avec C = consommation annuelle en chauffage en kWh/an **joule/an**

Dep = déperditions (pertes calorifiques) du bâtiment par degré Celcius en W/°C
= déperditions en W / (18 - $\theta_{\text{ext base}}$)

DJU₁₈ = degrés jour unifiés de base 18°C en °C.jours

24 = nombre d'heures par jour en h/jours

3600 = nombres de secondes par heure en s/h

i = coefficient réducteur d'intermittence (t° réduite la nuit et si non occupation) et d'apports (solaire, occupants...) = 0,75 environ pour l'habitation

η = rendement de l'installation de chauffage (génération, distribution, émission, régulation)

Rectificatif : Unité de C => en joule/an

Diviser par $3,6 \cdot 10^6$ pour l'unité en kWh/an

(JL TMIN, le 02.07.15)

**** $\theta_{\text{ext base}}$** = température extérieure de base = température minimale moyenne en hiver (fixée par le réglementation thermique en fonction de la zone géographique et de l'altitude)



Sciences et technologies de l'Industrie et du développement durable

exemples de rendement de génération suivant l'énergie utilisée :

Le rendement de génération représente le rapport entre l'énergie utile fournie (réchauffage d'eau, d'air...) et l'énergie consommée (électricité, combustion...). Par exemple, pour une chaudière actuelle au gaz naturel avec un rendement de 90%, l'eau ne récupère, sous forme d'énergie calorifique, que 90% de l'énergie de combustion du gaz. Les pertes sont essentiellement des pertes calorifiques dans les fumées pour 8%, et des pertes de rayonnement thermique de la chaudière pour 2%.

Energie :	Rendement de génération :
Electrique (effet joule)	1
PAC	2à4
Chaudières à bois (bûches)	0,75
Chaudières à bois (granulés)	0,9
Fioul (Haut Rendement)	0,9
Propane (Haut rendement)	0,9
Propane (Condensation)	1,1
Gaz Naturel (Haut rendement)	0,9
Gaz Naturel (Condensation)	1,1
Solaire appoint électrique	1,3 à 1,5
Solaire appoint bois	0,82 à 0,88

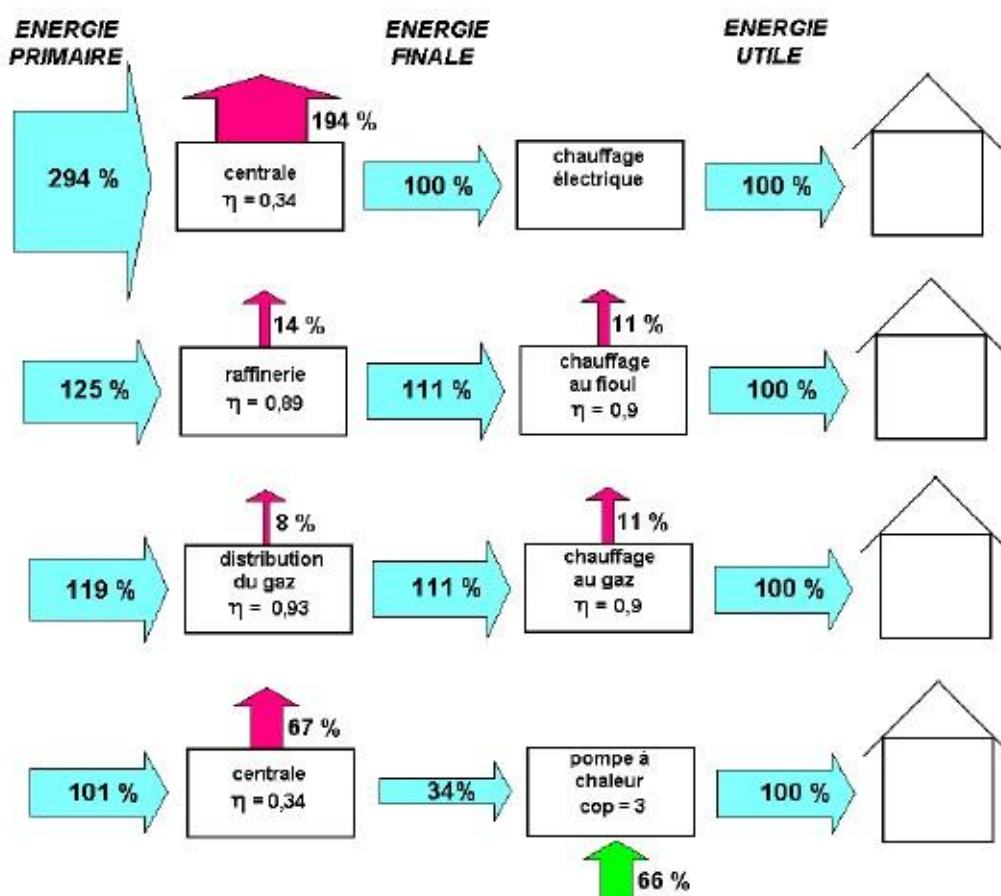


Sciences et technologies de l'Industrie et du développement durable

3) Comparatif des divers modes de chauffage:

- Comparatif énergétique :

La consommation énergétique d'un bâtiment doit être exprimée en énergie primaire (ep) qui va prendre en compte l'énergie consommée mais également l'énergie qu'il aura fallu produire en amont pour apporter cette énergie. Par exemple, pour le chauffage électrique, on intègre les pertes de transport de l'électricité sur le réseau et le rendement de la centrale électrique.



Le tableau ci-dessus présente les chaînes de transformations énergétiques des principaux modes de chauffage (source allemande VIESMANN). On constate que, pour la pompe à chaleur, la consommation d'énergie primaire rapportée à la quantité d'énergie utile est la plus faible.

Pour calculer la consommation énergétique globale d'un mode de chauffage, il faut remonter à sa consommation d'énergie primaire en utilisant la formule suivante :

$$\text{Énergie primaire} = \text{Énergie finale} \times \text{facteur de conversion}$$



Sciences et technologies de l'Industrie et du développement durable

Tableau des facteurs de conversion utilisés en Europe :

Type d'énergie	France RT 2005 ou 12	FranceSuisse ¹² Effinergie Minergie		Europe ³ Passif
unités utilisées ⁴	kWhep	kWhepp	kWhepp	kWheppnr
Électrique	2,58	2,58	2	2,7
Bois	1	0,6	0,5	0,2
Gaz / Fioul	1	1	1	1,1
Photovoltaïque	0	2.58	2	0,7
Solaire	0	0	0	0

¹ Effinergie = association française pour développer des bâtiments performants énergétiquement

² Minergie = label suisse d'efficacité énergétique qui s'applique aux bâtiments neufs ou rénovés

³ Europe passif = label européen pour l'habitat passif

⁴ Ces unités caractérisent toutes une énergie en kWh d'énergie primaire (kWhep). Les indices supplémentaires (p ou nr) permettent de faire référence aux coefficients de conversion utilisés par les différents organismes.

Les valeurs de ces facteurs de conversion dépendent de la politique énergétique de chaque pays et de ses choix en matière de production électrique essentiellement. La France majoritairement en nucléaire est défavorisée par le faible rendement des centrales (2.58), par rapport à la Suisse (2). Globalement, en Europe, le facteur moyen est de 2.70.

L'exemple du bois est parlant. Considérer un facteur de 1 revient à considérer que l'énergie consommée est égale à l'énergie qu'il aura fallu produire. En utilisant un facteur énergétique du bois de 1, le bois n'est pas aussi intéressant en consommation primaire que la PAC. En diminuant le facteur énergétique du bois, on replace la PAC au même niveau que le bois en énergie primaire. Cela permet donc aux labels basse consommation de promouvoir différentes solutions de chauffage, le bois en premier lieu parce qu'il produit bien moins de gaz à effet de serre que l'électricité.

On utilisera les facteurs de conversion utilisés dans la réglementation thermique française.



Sciences et technologies de l'Industrie et du développement durable

- Impact sur l'environnement :

Emission de CO₂ (toutes énergies) :

Le dioxyde de carbone CO₂ est un gaz nocif pour l'environnement qui contribue à développer « l'effet de serre » et à augmenter la température moyenne sur la Terre.

Combustible	Emission de CO ₂ en kg/kWh
houille (charbon)	0,35
fioul domestique	0,31
gaz naturel	0,20
propane	0,24
bois	≈0
électricité	0 ? (ou plutôt 0,18)

En France, l'accent est mis au tout électrique et notre consommation électrique ne fait qu'augmenter. Mais l'électricité nucléaire (à priori 0% CO₂) ne suffit pas à alimenter tous les convecteurs et toutes les PAC les jours d'hiver. EDF doit alors allumer les centrales thermiques. Or il faut 3,5 fois plus de fioul, de gaz ou de charbon pour alimenter une centrale qui chauffera un logement à l'électricité que si le logement était directement équipé d'une chaudière brûlant ce même fioul ou gaz (rendement des centrales électriques nucléaires ou thermiques = 33% + pertes dans les lignes électriques=11%). Donc 3,5 fois plus de CO₂ émis.

L'ADEME (Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) a publiée en 2005 une note restée bien discrète différenciant le contenu en CO₂ de chaque kilowattheure électrique, selon les usages faits de l'électricité. Il en ressort que chaque kWh électrique consommé en période de chauffage produit 180g de CO₂ et jusqu'à 260g les années à hiver froid, cette pollution par contribution à l'effet de serre étant bien évidemment à ajouter aux déchets nucléaires.

L'électricité contribue donc, elle aussi, à développer « l'effet de serre » sur la planète.

L'émission de CO₂ par la combustion du bois n'est pas nulle et dépend de plusieurs facteurs dont, notamment, la nature du combustible lui-même (écorces, sciures, pellets, copeaux, bûches, etc.) et son degré d'humidité. Mais le bois est également un « puits de carbone » : au cours de sa croissance. Il soustrait à l'atmosphère du carbone via la photosynthèse. Le « bilan carbone » du bois reste donc neutre pour autant que l'on replante en même quantité que l'on coupe. C'est ce qui se passe en Europe, où les forêts sont globalement bien « gérées ».



Sciences et technologies de l'Industrie et du développement durable

Produits de combustion (énergies fossiles) :

Les produits de combustion (fumées) sont constitués de :

<u>Principalement :</u>	
Dioxyde de carbone :	CO ₂
Anhydride sulfureux :	SO ₂
Vapeur d'eau :	H ₂ O
Azote :	N ₂
Oxygène :	O ₂

<u>Eventuellement :</u>
Monoxyde de carbone :CO
NOx : NO, NO ₂
Hydrogène libre : H ₂
Imbrûlés solides ou gazeux

Effets des principaux polluants sur l'homme et son environnement :

Nature du polluant	Effet sur l'homme	Effet sur l'environnement
CO	Il peut affecter le système cardio-vasculaire et le système nerveux et entraîner la mort.	
NOx	NO ₂ affecte le système respiratoire	NO et NO ₂ endommagent l'écosystème aquatique et forestier (pluies acides).
Particules solides	Elles peuvent pénétrer à l'intérieur du système respiratoire, irriter les poumons, et causer des troubles à long terme.	Poussières et suies contribuent à la perception d'un environnement sale.
SOx	Il affecte les fonctions pulmonaires	Les sulfates troublent la perception de l'environnement en réduisant la visibilité, même à de faibles concentrations

Déchets nucléaires (électricité) :

C'est le « point noir » de la production d'énergie électrique nucléaire.

Le terme générique de « déchets radioactifs » recouvre des substances de nature très variées. Ils se distinguent principalement par leur activité : les déchets de « haute activité » (cendres du combustible nucléaire), sont plus d'un milliard de fois plus radioactifs que les déchets de « faible activité » (vêtements du personnel, filtres à air...) dont la radioactivité est en dose moins importante et la période des éléments plus courte. Ils se distinguent également par leur période radioactive. Certains radionucléides dits « à vie courte » subissent une extinction naturelle de leur radioactivité à l'échelle de quelques années. D'autres dits « à vie longue » imposent une gestion à long terme, voire



Sciences et technologies de l'Industrie et du développement durable

très long terme des déchets dont la durée de vie se compte en million d'années. Ils se distinguent enfin par leur état (solide, liquide, gazeux) et leur composition chimique.

Plusieurs modes de gestion des déchets radioactifs sont mis en œuvre (selon la nature des déchets, mais aussi selon les stratégies nationales et moyens techniques disponibles). En général, les éléments les plus radioactifs et à vie longue (plusieurs milliers, voire millions d'années) sont enfouis en grande profondeur. Aux États-Unis, en Suisse et en France, la loi a évolué et a imposé la réversibilité (ce qui signifie que même en profondeur, un déchet devrait pouvoir être contrôlé et déplacé) pour notamment laisser ouvert le processus décisionnel pour les décideurs et citoyens du futur.