



Cette page, qui constitue une introduction à la notion d'énergie, n'a aucune prétention scientifique ni exhaustive. Pour bien des thèmes elle s'appuie d'ailleurs sur les articles de wikipedia qui vous permettront d'approfondir le sujet si besoin.

# Rapide définition de la notion d'énergie

## Généralités

Le mot « énergie » trouve son origine dans l'Antiquité grecque et latine. Éthymologiquement, ce terme signifie "force en action". L'énergie est la capacité à transformer un état, pour produire un [travail](#), de la [chaleur](#), de la [lumière](#) ou du [mouvement](#).

On trouve plusieurs formes d'énergie :

- l'[énergie électrique](#) (le déplacement des [électrons](#) ;
- l'énergie chimique (transformation de la [matière](#) : [changement d'état](#) ou de [phase](#)) ;
- l'[énergie rayonnante](#) (émission de [lumière](#)) ;
- l'[énergie thermique](#) (émission de [chaleur](#)) ;
- l'[énergie mécanique](#) ([mouvement](#), sous forme d'énergie [potentielle](#) et [cinétique](#)) ;
- l'[énergie nucléaire](#) ([fission](#) ou [fusion](#) des noyaux atomiques) ;

Pas la peine de s'étendre sur ce vaste sujet científico-physique, voire philosophique, d'autres se sont déjà prêtés à l'exercice et on trouve d'ailleurs des pages web bien renseignées sur le sujet.

## Énergie de stock et énergie de flux

En réalité, l'énergie est une notion quelque peu abstraite. On pourrait dire qu'elle existe sous 2 états différents : l'énergie stockée, et l'énergie échangée. Cette notion de stockage et d'échange est importante car elle va nous permettre de caractériser ce que l'on nomme parfois abusivement des sources d'énergie :

- les [sources d'énergie fossiles](#) ([pétrole](#), [gaz naturel](#), [charbon](#), [uranium](#)) sont des énergies de stock : elles sont le résultat de procédés naturels qui se sont produits sur plusieurs milliers à plusieurs millions d'années ; elles sont en quelque sorte un cadeau de la nature, dont les réserves peuvent être considérées comme épuisables à partir du moment où nous prélevons l'énergie stockée plus rapidement que la nature ne parvient à la régénérer ;
- les [sources d'énergie renouvelables](#) ([soleil](#), vent, eau, chaleur de la terre, biomasse) sont des énergies de flux, qui s'inscrivent dans un cycle de période relativement courte à extrêmement longue, voire quasiment infinie à l'échelle de l'humanité (durée de vie du soleil - encore quelques milliards d'années - et saisons pour l'[énergie solaire](#), cycles quotidiens et saisonniers pour le vent et l'eau, cycles annuels ou plus pour la biomasse, etc.).

Les "[énergies fossiles](#)" sont donc des formes d'énergie stockée, alors que les [énergies renouvelables](#) sont des formes d'énergie échangée. Si les premières sont fort pratiques par leur caractère de "stock" dans lequel il est facile de puiser, en revanche les secondes sont beaucoup plus difficiles à collecter et à stocker. L'utilisation massive des [sources d'énergie renouvelables](#) implique donc une société et des technologies radicalement différentes des [énergies fossiles](#) que nous utilisons principalement aujourd'hui.

# Unités énergétiques

## Énergie

Dans le système d'unités internationales, l'énergie s'exprime en Joule (J). Un Joule est la quantité d'énergie nécessaire pour déplacer d'un mètre un poids de 1 Newton.  $1 \text{ J} = 1 \text{ N.m} = 1 \text{ kg.m}^2.\text{s}^{-2}$ . Le Joule est une unité de **quantité d'énergie**, qui tient son nom du physicien anglais [James Prescott Joule](#).

## Puissance

Par opposition, le Watt (W), qui équivaut à 1 J pendant 1 seconde ( $1 \text{ W} = 1 \text{ J/s}$ ), est une unité de **puissance** (cela équivaut à un débit d'énergie). Une puissance d'1 W fournie pendant une heure correspond à une quantité d'énergie de 1 Wh, ou 3'600 J (3.6 kJ). Le Watt tient son nom de l'ingénieur écossais [James Watt](#) également connu pour ses améliorations de la machine à vapeur, à l'origine de la [Révolution Industrielle](#).

## Unités courantes

Dans la vie de tous les jours, la quantité d'énergie que représente un Joule est si faible que l'on préfère souvent utiliser ses multiples (:

- les multiples du Joule (kJ, MJ, GJ) ;
- le kWh (kilowattheure), qui correspond à la quantité d'énergie fournie par une puissance de 1'000 W pendant une heure, soit  $1 \text{ kWh} = 3.6 \text{ MJ}$ , et ses multiples (MWh, GWh, TWh) ;
- et, dans une société dominée par le [pétrole](#), la tonne-équivalent-pétrole (tep), qui vaut 11'670 kWh par convention (soit 42 GJ).

En des temps pas si éloignés que cela, lorsque la vapeur (l'eau, en fait) était un fluide couramment employé dans les process industriels, on a utilisé le [cheval-vapeur](#) (ch) qui correspond à 736 W. De même, toujours en se basant sur les propriétés de l'eau, on utilisait les calories (cal) et les kcal :  $1 \text{ cal} = 4.18 \text{ J}$ . 1 kcal (4'180 J) est la quantité d'énergie nécessaire pour élever 1 kilogramme d'eau liquide (soit 1 litre d'eau) de 1 °C.

Une erreur courante est de confondre kW et kWh alors que les deux unités sont totalement différentes : rappelons que le kW est une unité de puissance alors que le kWh est une unité de quantité d'énergie. Si cette erreur est pardonnable pour la personne lambda, elle est en revanche inexcusable pour tout professionnel de l'énergie : c'est d'ailleurs un bon moyen de débusquer les charlatans, qui mélangent allègrement les deux unités et exposent ainsi leur ignorance voire leur volonté d'embrouiller le client.

Pour donner quelques ordres de grandeur :

- 1 W, c'est la puissance d'un appareil électrique récent en veille ;
- 10 W, c'est la puissance d'un appareil électrique ancien en veille ;
- 100 W, c'est la puissance électrique d'une ampoule à incandescence puissante ;
- 1 kW, c'est la puissance électrique d'une cafetière à filtre, ou d'une bouilloire électrique ;
- 10 kW, c'est la puissance d'un moteur électrique à usage industriel ;
- 100 kW, c'est la puissance d'un moteur de 136 ch ;
- 1 MW, c'est la puissance de l'entrée de gamme d'une éolienne contemporaine de forte puissance ;
- 10 MW, c'est la puissance d'un moteur de bateau (type ferry) ;
- 100 MW, c'est la puissance d'une grosse chaufferie de chauffage urbain avec réseau de chaleur, ou d'une centrale thermique de production d'électricité (qui fonctionne en période de pointe) ;
- 1 GW, c'est la puissance d'un réacteur nucléaire de génération précédente.

Au niveau de la consommation d'énergie, on utilise :

- le Wh pour les consommations de chauffage ramenées en degrés-jours ([DJU](#)) ;
- le kWh pour les consommations individuelles de chauffage ou d'électricité ;
- le MWh pour les consommations collectives de chauffage ou d'électricité ;
- le GWh pour les consommation d'énergie de grands ensembles (réseaux de chaleur urbains, sites industriels) ;
- le TWh pour les consommations d'énergie à échelle d'un pays ou d'un réacteur nucléaire.

## Pouvoir calorifique inférieur (PCI) et supérieur (PCS)

### PCI

Pour les usages de [combustion](#), l'une des caractéristiques énergétiques (thermiques, en l'occurrence) est le [pouvoir calorifique](#) : c'est la quantité d'énergie thermique qui est libérée par la [combustion](#) dudit combustible, généralement ramenée à une unité de masse. Ainsi, pour reprendre l'exemple de la tep, on peut dire que le [pouvoir calorifique](#) inférieur (PCI) du [pétrole](#) est de 11.67 MWh/tonne.

### PCS

Les combustibles habituels sont généralement des [hydrocarbures](#), composés d'atomes d'[hydrogène](#) et de [carbone](#). La combustion est en réalité une oxydation de l'hydrogène et du carbone. La combinaison du carbone avec l'oxygène de l'air produit du CO<sub>2</sub>, la combinaison de l'hydrogène avec l'oxygène produit de la vapeur d'eau (H<sub>2</sub>O). Dans certains cas (suivant le matériel et les conditions d'exploitation), on peut récupérer la chaleur de cette vapeur d'eau par [condensation](#), c'est une technologie utilisée par des chaudières performantes (chaudières à condensation). Le cas échéant, on parle de [pouvoir calorifique](#) supérieur (PCS), qui est égal au [pouvoir calorifique](#) inférieur (PCI) + la [chaleur latente](#) de vaporisation de l'eau. Par exemple, pour du [gaz naturel](#), le PCS est supérieur d'environ 11% au PCI

## Énergie et rendements

Tout changement d'état engendre des pertes, le plus souvent sous forme de chaleur ([effet Joule](#), [frottements](#)). Toute utilisation de l'énergie implique donc un rendement inférieur à 1 (ou 100%). Dans le cas contraire

(rendement supérieur à 1, ou 100%), le [mouvement perpétuel](#) existerait car cela signifierait que l'on parvient à produire plus d'énergie que l'on en consomme. Le rendement est donc le rapport de l'énergie utile divisée par l'énergie consommée. Pour comparer objectivement des technologies, il est primordial de comparer l'ensemble de la filière d'utilisation de l'énergie : par exemple, pour le rendement d'un appareil électrique, il faudrait comparer l'énergie effectivement dépensée depuis l'extraction de la ressource naturelle pour la production d'électricité, jusqu'au rendement de fonctionnement de l'appareil électrique.

## Énergie primaire et énergie finale

L'[énergie primaire](#) est une forme ou source d'énergie disponible dans la nature. L'énergie finale est l'énergie réellement consommée par l'utilisateur. Entre l'[énergie primaire](#) consommée et l'énergie finale (utile), une succession d'étapes de transformation et de conversion auront eu lieu, avec à chaque fois des pertes.

Le rendement énergétique d'une filière est donc le rapport entre énergie finale et énergie primaire. Le problème étant de pouvoir considérer cette filière dans son ensemble afin d'être en mesure de comparer objectivement plusieurs solutions.

Sur l'ensemble d'une filière énergétique, un plus ou moins grand nombre d'opérations altère le rendement global de l'opération. Cette filière est plus ou moins longue, par exemple, pour l'électricité :

- filière longue : utilisation d'une ressource fossile ([pétrole](#), [uranium](#), etc.), ou certaines biomasses : énergie utilisée pour extraire la ressource naturelle, la transformer, la stocker, la transporter, l'utiliser pour la production d'électricité, transporter l'électricité produite, convertir l'électricité et enfin utiliser cette électricité ;
- filière courte : conversion du rayonnement solaire en électricité par effet photovoltaïque, conversion de l'électricité, utilisation de l'électricité.

Dans le premier exemple (filière longue), si chaque étape considérée indépendamment offre un rendement énergétique correct, le rendement global de l'ensemble de la filière sera médiocre. Dans le second exemple, même si le rendement de conversion de l'énergie solaire en électricité est faible, le reste de la filière comprend bien moins d'opérations et le rendement global de l'ensemble est supérieur à la filière longue.

Dans la pratique, les chiffres officiels sont biaisés car on connaît mal les rendements de certaines étapes (volontairement occultés ?) : ainsi, il est fréquent de considérer que l'énergie primaire est celle livrée au système (par exemple la consommation annuelle de fioul pour le chauffage d'une maison), et l'énergie finale (ou utile) celle récupérée en sortie du système (la chaleur obtenue en sortie de chaudière). L'électricité échappe toutefois à cette règle (en partie), puisque dans notre système de production d'électricité actuel, on considère que l'énergie primaire est environ 3 fois supérieure à l'électricité consommée (pour tenir compte du rendement de production des centrales électriques).

Avec l'avènement des carburants alternatifs, le concept de "puits à la roue" est apparu : il consiste à analyser la dépense énergétique destinée au transport, depuis l'extraction de la ressource jusqu'à l'énergie réellement fournie à la roue du véhicule. Cette démarche pragmatique vise à identifier les solutions les plus intéressantes du point de vue énergétique et environnemental. Cette démarche devrait être utilisée pour l'ensemble des solutions énergétiques actuelles et futures, afin d'effectuer les bons choix en toute connaissance de cause.

## Abus de langage et stratégies commerciales

Le rendement d'utilisation de l'énergie dépend de la référence de comparaison. Par exemple, le rendement d'une combustion sera différent selon que l'on compare la quantité d'énergie obtenue au PCI ou au PCI. Il est ainsi courant de trouver des chaudières à condensation qui affichent des rendements supérieurs à 100% : c'est un tour de passe-passe qui est réalisé en mélangeant volontairement PCI et PCS. On peut éventuellement le justifier par le fait que les fournisseurs de gaz facturent en kWh PCI.

Un autre abus de langage concerne les pompes à chaleur : certaines personnes, notamment ceux qui vendent ce genre de matériel, affirme que leurs pompes à chaleur ont des rendements de 3, 4, voire plus. Il s'agit en réalité de coefficient de performance (COP) : une pompe à chaleur ne produit pas de la chaleur ou du froid, elle transfère de la chaleur d'un système à un autre. Comme tout appareil électrique, une pompe à chaleur a un rendement inférieur à 1, mais il est vrai qu'elle « déplace » davantage de chaleur que ce qu'elle consomme comme électricité. Et du point de vue de l'utilisateur, c'est effectivement ce qui compte.

## Conclusion sur la notion d'énergie

L'énergie est une notion difficile à appréhender car elle réfère à des ressources naturelles, des conversions et des transformations, ainsi qu'à des technologies très variées. Il est important de bien comprendre la différence entre puissance et quantité d'énergie ; ces deux grandeurs sont souvent confondues (volontairement ou pas ?), et bien qu'elles soient liées elles expriment deux notions totalement différentes.

Si certains abus de langage sont sans grandes conséquences dans la vie de tous les jours, il est primordial de bien percevoir les notions d'énergie de stock et d'énergie de flux, ainsi que la notion de rendement, qui seront indispensables pour bien comparer les solutions techniques actuelles et leurs alternatives potentielles.