

La comptabilité énergétique

L'analyse des différents bilans énergétiques, aussi bien à la production qu'à la consommation, suppose l'utilisation d'unités de mesure communes aux différentes sources et aux différentes formes d'usage de l'énergie. Ces unités ne nous sont pas toutes familières non plus que leur équivalence avec les quantités physiques (tonnes de charbon, litres d'essence, stères de bois, etc.) ou avec les unités qui apparaissent dans les factures d'électricité ou de chauffage urbain (kWh).

L'unité officielle d'énergie est le joule (J) mais, par commodité (parce que c'est plus « parlant » et parce que le pétrole est l'énergie dominante), les énergéticiens utilisent la « tonne équivalent pétrole » (tep).

Le tableau ci-dessous donne, pour les principales ressources énergétiques, les éléments de conversion nécessaires à la transformation des quantités physiques en équivalents énergétiques utilisés depuis 2002 par l'Observatoire de l'énergie, conformes aux règles internationales.

Équivalences énergétiques primaires

Énergie	Unité physique	Milliard de joules (gigajoule) PCI*	Tonne équivalent pétrole (tep) PCI*
Charbon			
Houille	Tonne	26	0,62
Coke de houille	Tonne	28	0,67
Briquettes de lignite	Tonne	32	0,76
Lignite	Tonne	17	0,40
Pétrole			
Pétrole brut, gazole, fioul	Tonne	42	1
Gaz de pétrole liquéfié	Tonne	46	1,1
Essence moteur	Tonne	44	1,05
Fioul lourd	Tonne	40	0,95
Coke de pétrole	Tonne	32	0,76
Électricité primaire***			
Production nucléaire	MWh (1000 kWh)	3,6	0,26
Production géothermique	MWh	3,6	0,86
Production renouvelables	MWh	3,6	0,086
Bois	Stère PCI*	6,17	0,15
Gaz naturel et industriel	MWh PCS**	3,24	0,077

Source : Observatoire de l'énergie.

* PCI : pouvoir calorifique inférieur.

** PCS : pouvoir calorifique supérieur. Pour les combustibles contenant de l'hydrogène, la combustion produit de la vapeur d'eau en plus du CO₂ ; la chaleur restituée lors de la condensation de cette vapeur est prise en compte dans le PCS et pas dans le PCI.

*** Voir ci dessous « le cas de l'électricité »

Le tableau se lit de la façon suivante : par exemple pour la ligne « Essence moteur » : 1 tonne d'essence équivaut à 44 gigajoules d'énergie et 1,05 tonne équivalent pétrole (tep).

Le cas de l'électricité

Une attention toute particulière doit être accordée à la ligne électricité primaire. Quand l'électricité est produite à partir de charbon, de pétrole ou de gaz, on comptabilise aisément les quantités de combustibles réellement dépensées pour produire 1 MWh, qui dépendent du rendement réel de conversion du combustible en électricité. Par exemple pour une centrale à gaz à cycle combiné de rendement 60 %, il faudra 1,7 MWh de chaleur issue du gaz pour produire 1 MWh d'électricité soit $1,7 \times 0,086 = 0,14$ tep.

Dans le cas du nucléaire et de la géothermie, on utilise la méthode dite de « l'équivalent primaire à la production ». Elle consiste à évaluer la quantité de combustibles fossiles en tep qui aurait été nécessaire, compte tenu du rendement de production de la filière considérée, pour obtenir la même quantité d'électricité.

Pour le nucléaire et un rendement retenu de 33 %, il faudrait 3 MWh de chaleur pour produire 1 MWh d'électricité, soit $3 \times 0,086 = 0,26$ tep.

Pour l'électricité renouvelable dont la production ne passe pas par l'intermédiaire de la chaleur, l'équivalent adopté est l'équivalent thermique 0,086 entre la tep et les MWh (1 tep = 11,6 MWh).

Pour l'électricité géothermique, avec un rendement retenu de 10 %, il faudrait 10 MWh de chaleur pour obtenir 1 MWh d'électricité soit 0,86 tep.

Selon son origine, une même quantité d'électricité, ici 1 MWh, peut donc avoir des équivalents en tep qui varient de 1 à 10 : 0,086 pour les énergies renouvelables, 0,26 pour le nucléaire, 0,86 pour la géothermie.

On voit immédiatement que ces conventions peuvent être sources d'incompréhension, d'interprétations erronées des bilans, de raisonnements incorrects, voire de manipulations diverses.

Incidence de ces équivalences sur le bilan énergétique

On peut remarquer que les conventions retenues pour convertir l'électricité « primaire » donnent, dans les bilans globaux d'approvisionnement, une importance relative aux filières d'autant plus grande qu'elles ont un plus mauvais rendement. C'est ainsi que le bilan mondial en 2004 fait apparaître des productions d'électricité nucléaire et hydraulique quasiment identiques (respectivement 2740 TWh et 2809 TWh), mais profondément différentes quand elles sont exprimées en Mtep dans les tableaux de demande d'énergie primaire de l'AIE⁽¹⁾ puisqu'elles sont respectivement de 714 Mtep pour le nucléaire et 242 Mtep pour l'hydraulique, un facteur 3.

Le tableau suivant illustre largement ce propos. On y a figuré trois situations de production conduisant à la même quantité d'électricité par des filières différentes et leurs conséquences sur le bilan global français en énergie primaire : la situation actuelle, P1, une situation où le nucléaire est remplacé par de l'hydraulique, P2, enfin une situation où le nucléaire serait remplacé par de la géothermie, P3.

Bilan primaire 2006 pour différents moyens de production d'électricité (Mtep)

	Charbon	Pétrole	Gaz naturel	Électricité géothermique	Électricité nucléaire	Électricité hydraulique	Énergies renouvelables	Total
P1*	12,4	91,8	40,3	–	112	5,6	13,1	275,3
P2	12,4	91,8	40,3	–	–	42,5	13,1	200,1
P3	12,4	91,8	40,3	370	–	5,6	13,1	533,2

* Source : Observatoire de l'énergie. Valeurs corrigées du climat.

L'apparence des bilans primaires est complètement bouleversée (un facteur 2,5 d'écart entre le total de P2 et de P3, pour la même quantité d'énergie finale disponible).

Cet exercice caricatural montre les précautions à prendre pour interpréter les différents bilans présentés dans le domaine de l'énergie en France et à l'étranger, et l'intérêt d'une bonne connaissance des équivalences retenues internationalement. Il incite également à la plus grande prudence quant au choix des substitutions à faire pour réduire les émissions de CO₂.

(1) Energy outlook 2006, Agence internationale de l'énergie.