
L'évaluation de la production de l'énergie électrique

Filière Ingénieur Génie Electrique et
Management Industriel

Plan du cours

- Définitions
 - Unités de mesure
 - Coefficients d'équivalence servant à comparer les sources d'énergie
-

Définitions

■ Consommation

□ Consommation d'énergie finale :

□ Énergie finale.

L'énergie finale est l'ensemble des énergies délivrées prêtes à l'emploi à l'utilisateur final : le litre d'essence sans plomb à mettre dans sa voiture, l'électricité disponible à sa prise, etc.

Différentes formes : énergie électrique, énergie thermique, énergie mécanique...

Cette énergie finale n'est qu'une fraction de l'énergie primaire initiale, une fois que celle-ci a été transformée en énergie secondaire, stockée, transportée et enfin distribuée au consommateur final.

Dans un circuit court, par exemple un chauffe-eau solaire individuel, la quantité d'énergie finale est plus proche de celle de l'énergie primaire.

Définitions

■ Consommation

□ Consommation d'énergie finale :

Elle représente la consommation d'énergie finale – nette des pertes de distribution (exemple : pertes en lignes électriques) – de tous les secteurs de l'économie, à l'exception des quantités consommées par les producteurs et transformateurs d'énergie (exemple : consommation propre d'une raffinerie). La consommation énergétique finale exclut les énergies utilisées en tant que matière première (dans la pétrochimie notamment).

Définitions

■ Consommation

□ Consommation d'énergie primaire :

□ Energie primaire:

L'énergie primaire est l'énergie disponible dans l'environnement et directement exploitable sans transformation. Étant donné les pertes d'énergie à chaque étape de transformation, stockage et transport, la quantité d'énergie primaire est toujours supérieure à l'énergie finale disponible.

Définitions

■ Consommation

□ Consommation d'énergie primaire :

□ Energie primaire:

Les sources d'énergie primaire sont multiples :

- le pétrole brut ;
- le gaz naturel ;
- les combustibles solides (charbon, biomasse) ;
- le rayonnement solaire ;
- l'énergie hydraulique ;
- l'énergie géothermique ;
- l'énergie tirée des combustibles nucléaires.

Il s'agit donc essentiellement d'énergie thermique et d'énergie mécanique.

Définitions

■ Consommation

□ Consommation d'énergie primaire :

□ Energie primaire:

Ainsi, l'énergie mécanique produite par un moulin à vent est une énergie primaire. En revanche, si cette énergie mécanique est convertie en électricité, comme c'est le cas avec les aérogénérateurs, l'énergie électrique produite est considérée comme une énergie secondaire.

Définitions

■ Consommation

□ Consommation d'énergie primaire :

Elle représente la consommation finale + les pertes + la consommation des producteurs et des transformateurs d'énergie (branche énergie).

La consommation d'énergie primaire permet de mesurer le taux d'indépendance énergétique national, alors que la consommation d'énergie finale sert à suivre la pénétration des diverses formes d'énergie dans les secteurs utilisateurs de l'économie.

Définitions

■ Consommation

□ Consommation corrigée :

Elle représente la consommation corrigée des effets de température et éventuellement des effets d'autres facteurs (hydraulicité, activité économique, jours ouvrables).

Dans les bilans, les corrections sur la consommation finale portent uniquement sur les effets de température. La consommation observée avant toute correction est en général appelée consommation réelle.

Définitions

■ Taux d'indépendance énergétique

Il est égal au rapport entre la production nationale d'énergies primaires (charbon, pétrole, gaz naturel, nucléaire, hydraulique, énergies renouvelables) et les disponibilités totales en énergies primaires, pour une année donnée. Ce taux peut se calculer pour chacun des grands types d'énergies ou globalement toutes énergies confondues.

Définitions

■ Taux d'indépendance énergétique

Un taux supérieur à 100% (cas de l'électricité) traduit un excédent de la production nationale par rapport à la demande intérieure et donc un solde exportateur.

Taux d'indépendance énergétique = production d'énergie primaire
(P) / Total disponibilités (D)

Définitions

■ Énergie

- **Énergie primaire** : énergie brute, c'est-à-dire non transformée après extraction (houille, lignite, pétrole brut, gaz naturel, électricité primaire).
 - **Énergie secondaire ou dérivée** : toute énergie obtenue par la transformation d'une énergie primaire (en particulier électricité d'origine thermique).
-

Définitions

■ Énergie

□ **Énergie finale ou disponible** : énergie livrée au consommateur pour sa consommation finale (essence à la pompe, électricité au foyer,...).

Définitions

■ Énergie

□ Énergies renouvelables :

par convention, l'expression ENRt (ou ENR) s'applique aux énergies renouvelables autres que l'électricité hydraulique, éolienne, photovoltaïque et géothermique (haute enthalpie).

Définitions

■ Énergie

Les ENRt comprennent, d'une part, des énergies non commercialisées, telles que le bois de chauffage ramassé ou " vendu au noir ", d'autre part, le bois de chauffage commercialisé, les déchets urbains et industriels, la géothermie valorisée sous forme de chaleur, le solaire thermique actif, les résidus de bois et de récoltes, les biogaz, les biocarburants et les pompes à chaleur.

Définitions

■ Énergie

Dans les bilans de l'énergie, l'électricité primaire d'origine hydraulique (y compris la "petite hydraulique"), éolienne, solaire photovoltaïque et géothermique (haute enthalpie), bien que "renouvelable", est classée dans la catégorie "Électricité" .

Définitions

■ Électricité

- **Électricité primaire** : électricité d'origine nucléaire, hydraulique, éolienne, solaire photovoltaïque et géothermique (haute enthalpie).
 - **Production brute d'électricité** : production mesurée aux bornes des groupes des centrales ; elle comprend par conséquent la consommation des services auxiliaires et les pertes dans les transformateurs des centrales.
-

Définitions

■ Électricité

□ **Production nette d'électricité** : production mesurée à la sortie des centrales, c'est-à-dire déduction faite de la consommation des services auxiliaires et des pertes dans les transformateurs des centrales.

Définitions

■ Pouvoir calorifique

□ Quantité de chaleur dégagée par la combustion complète de l'unité de combustible considéré. La notion de pouvoir calorifique ne s'applique donc qu'aux combustibles. On distingue notamment :

- *pouvoir calorifique supérieur (PCS)* qui donne le dégagement maximal théorique de la chaleur lors de la combustion, y compris la chaleur de condensation de la vapeur d'eau produite lors de la combustion ;
 - *pouvoir calorifique inférieur (PCI)* qui exclut de la chaleur dégagée la chaleur de condensation de l'eau supposée restée à l'état de vapeur à l'issue de la combustion.
-

Définitions

■ Pouvoir calorifique

□ dans la pratique, la différence entre PCS et PCI est de l'ordre de grandeur suivant :

- Gaz naturel : 10%
 - Gaz de pétrole liquéfié : 9%
 - Autres produits pétroliers : 7-8%
 - Combustibles solides : 2-5%
-

Unités de mesure

■ L'unité de mesure de la puissance électrique est le watt. Par contre le Wh (wattheure) mesure l'énergie fournie en une heure par une machine d'une puissance de 1 watt.

□ 1 kWh (Kilowattheure) = 10^3 Wh ;

□ 1 MWh (Mégawattheure) = 10^6 Wh ;

□ 1 GWh (Gigawattheure) = 10^9 Wh.

Unités de mesure

■ La tonne d'équivalent pétrole (tep) est une unité de mesure couramment utilisée par les économistes de l'énergie pour comparer les énergies entre elles. C'est l'énergie produite par la combustion d'une tonne de pétrole moyen.

Unités de mesure

- **1 tep** équivaut aussi environ à : 10^{10} cal (10 milliards de calories), soit 10^4 thermies
 - On utilise aussi la Mégatep (Mtep=million de tep)
 - **Le kWh** est la quantité d'énergie nécessaire pour faire fonctionner par exemple un appareil d'une puissance de 1 kW ou 1000 W pendant une heure. On utilise aussi le MWh (1 MWh=1000 kWh).
-

Unités de mesure

■ Il y a une correspondance entre la **tep** et le **kWh**, permettant de passer d'une unité à l'autre :

$$1000 \text{ kWh} = 0,086 \text{ tep}$$

ou inversement

$$1 \text{ tep} = 11\,630 \text{ kWh}$$

Unités de mesure

- Le GJ : GigaJoule
 - Le Btu : British thermal unit.
 - Le m³ de gaz : les équivalences pour le m³ de gaz (ou normo-m³, aux conditions normales de température et de pression : 0°C, sous 1013 hPa, norme ISO ; par opposition au m³ standard) sont données en énergie PCS (pouvoir calorifique supérieur). L'équivalent en énergie PCI (pouvoir calorifique inférieur) s'obtient en multipliant par 0,9.
-

Unités de mesure

■ Les conversions entre unités

1 ... équivalent à :	GJ	tep	MBtu	kWh	m ³ de gaz *	Baril de pétrole *
1 GJ	1	0,0238 ^{***}	0,948	278	23,89	0,1751
1 tep	41,855 ^{**}	1	39,68	11 628	1 000	7,33
1 MBtu	1,0551	0,0252	1	293,1	25,2	0,185
1 kWh	0,0036	0,086 10 ⁻³	3,412 10 ⁻³	1	0,086	630,4 10 ⁻⁶
1 m ³ de gaz *	0,041855	10 ⁻³	0,03968	11,628	1	7,33 10 ⁻³
1 Baril de pétrole *	5,7	0,1364	5,4	1 580	136,4	1

* conventions, puisque le m³ de gaz et le baril de pétrole ne sont pas des unités officielles d'énergie

** arrondi par convention à 42

*** soit 1/42 arrondi

Coefficients d'équivalence servant à comparer les sources d'énergie

■ La comparaison et l'addition des différentes formes d'énergie ne sont possibles que si l'on convient d'une unité commune. On utilise des coefficients traduisant en général les techniques de production, mais variables dans le temps et l'espace. Ces coefficients peuvent différer d'un pays à l'autre. *La tonne équivalent pétrole* est prise comme unité de référence.

Coefficients d'équivalence servant à comparer les sources d'énergie

- Cela concerne **le coefficient de conversion de l'électricité**, du kWh en tonne d'équivalent pétrole (tep)



Coefficients d'équivalence servant à comparer les sources d'énergie

Énergie	Unité physique	en gigajoules (GJ) (PCI)	en tep (PCI)
Charbon			
Houille	1 t	26	$26/42 = 0,619$
Coke de houille	1 t	28	$28/42 = 0,667$
Agglomérés et briquettes de lignite	1 t	32	$32/42 = 0,762$
Lignite et produits de récupération	1 t	17	$17/42 = 0,405$

Pétrole brut et produits pétroliers			
Pétrole brut, gazole/fioul domestique, produits à usages non énergétiques	1 t	42	1
GPL	1 t	46	$46/42 = 1,095$
Essence moteur et carburacteur	1 t	44	$44/42 = 1,048$
Fioul lourd	1 t	40	$40/42 = 0,952$
Coke de pétrole	1 t	32	$32/42 = 0,762$

Coefficients d'équivalence servant à comparer les sources d'énergie

Énergie	Unité physique	en gigajoules (GJ) (PCI)	en tep (PCI)
Électricité			
Production d'origine nucléaire	1 MWh	3,6	$0,086/0,33 = 0,260606\dots$
Production d'origine géothermique	1 MWh	3,6	$0,086/0,10 = 0,86$
Autres types de production, échanges avec l'étranger, consommation	1 MWh	3,6	$3,6/42 = 0,086$

Coefficients d'équivalence servant à comparer les sources d'énergie

■ On distingue donc 3 cas:

□ l'électricité produite par une centrale nucléaire est comptabilisée selon la méthode de l'équivalent primaire à la production, avec un rendement théorique de conversion des installations égal à 33% ; le coefficient de substitution est donc $0,086/0,33 = 0,260606$ tep/MWh ;

Coefficients d'équivalence servant à comparer les sources d'énergie

■ On distingue donc 3 cas:

□ l'électricité produite par une centrale à géothermie est aussi comptabilisée selon la méthode de l'équivalent primaire à la production, mais avec un rendement théorique de conversion des installations égal à 10% ; le coefficient de substitution est donc $0,086/0,10 = 0,86$ tep/MWh ;

Coefficients d'équivalence servant à comparer les sources d'énergie

■ On distingue donc 3 cas:

□ toutes les autres formes d'électricité (production par une centrale thermique classique, hydraulique, éolienne, marémotrice, photovoltaïque, etc., échanges avec l'étranger, consommation) sont comptabilisées selon la méthode du contenu énergétique, avec le coefficient 0,086 tep/MWh.