



Fiche pédagogique

PRIMAIRE OU FINALE : COMMENT COMPTABILISER L'ÉNERGIE ?



La France s'est fixé pour objectif de réduire de 20 % sa consommation d'énergie finale et de 40 % sa consommation d'énergie primaire d'origine fossile en 2030 par rapport à 2012¹. Pourquoi fixer deux objectifs différents ? Quel lien existe-t-il entre ces deux notions ? Quels impacts sur la politique énergétique et climatique ?

Souvent mal comprise, la manière de comptabiliser l'énergie entre en ligne de compte dans l'atteinte des objectifs de neutralité carbone. Afin de mieux saisir ce que signifient ces objectifs, l'OIE revient dans cette note sur les différentes méthodes de comptabilité de l'énergie et leurs impacts sur les politiques publiques, notamment dans le domaine du bâtiment.

1. Loi du 8 novembre 2019 relative à l'énergie et au climat



DÉFINIR ET COMPTER L'ÉNERGIE : UNE TÂCHE MOINS SIMPLE QU'IL N'Y PARAÎT

Afin de comparer deux quantités d'énergie, deux conditions doivent être remplies : la même unité doit être utilisée et le même type d'énergie doit être considéré.

UNITÉS DE COMPATIBILITÉ DE L'ÉNERGIE

Chaque énergie est exprimée usuellement via une ou deux unités de référence. Ainsi, le pétrole est principalement compté en barils² ou en millions de tonnes équivalent pétrole (Mtep³) tandis que l'électricité est quant à elle comptabilisée en mégawattheures (MWh). Des facteurs de conversion entre unités permettent de comparer des quantités d'énergies provenant de deux vecteurs énergétiques différents. **Si ces facteurs sont correctement employés, l'unité utilisée pour mesurer l'énergie n'a pas d'impact sur l'atteinte des objectifs publics d'économies d'énergies.**

Vecteur énergétique	Unité communément utilisée	Facteur de conversion par rapport à une tep
Pétrole	Une tonne équivalent pétrole (tep)	1 tep
Tous	Joule (J)	4,19 10 ¹⁰ J
Pétrole	Baril (bep ⁴)	7,14 bep
Gaz	British thermal units (Btu)	3,97 10 ⁷ Btu
Charbon	Tonnes équivalents charbon (tec)	1.43 tec
Électricité	Mégawattheure (MWh)	11,6 MWh
Bois	Stère ⁵ (st)	6,22 st

PCI et PCS dans le chauffage

Concernant le chauffage, une distinction supplémentaire est à faire entre l'expression d'une quantité d'énergie consommée au cours d'une combustion en Pouvoir Calorifique Inférieur (PCI) ou en Pouvoir Calorifique Supérieur (PCS). Le bilan énergétique de la France distingue ainsi « le pouvoir calorifique supérieur (PCS), qui désigne le dégagement maximal théorique de chaleur lors de la combustion, y compris la chaleur de condensation de la vapeur d'eau produite, au pouvoir calorifique inférieur (PCI), qui exclut cette chaleur de condensation ». Le PCI d'une combustion donnée sera en conséquence toujours inférieur au PCS (pour le fioul, le facteur de conversion entre le PCI et le PCS est de 1,07 tandis qu'il est de 1,11 pour le bois et le gaz).

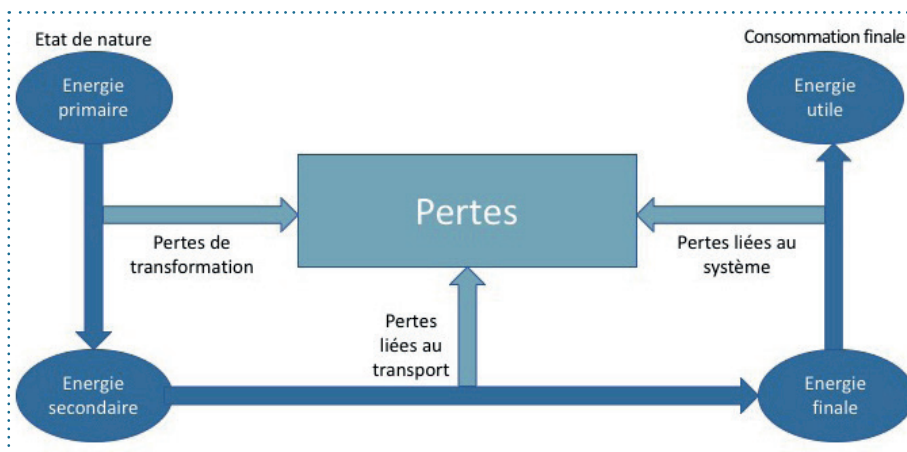
LES DIFFÉRENTS TYPES D'ÉNERGIE

Entre le moment où elle est prélevée dans l'environnement (état naturel) et son utilisation par un consommateur final, l'énergie connaît des pertes liées aux rendements, à l'acheminement et aux équipements utilisant cette énergie. On distingue les pertes dites « techniques » lorsqu'elles interviennent lors du fonctionnement du système (pertes liées à l'acheminement de l'énergie, rendements des processus de transformation de l'énergie, etc.) des pertes dites « non techniques » quand elles correspondent à des consommations non comptées ou à des erreurs de mesurage. **Afin de quantifier l'énergie et les pertes à chacun de ces stades, quatre manières de compter sont à considérer :**

- **L'énergie primaire** correspond à l'énergie contenue dans les ressources tirées de la nature (par exemple du pétrole, de l'uranium, du bois, du soleil, etc.) avant leur exploitation et leur acheminement.
- **L'énergie secondaire** est décomptée en retirant les pertes liées à l'extraction et/ou à la transformation de l'énergie primaire (par exemple celles liées au raffinage du pétrole brut, de la production de coke⁶ à partir de charbon à coke, ou encore de la production d'électricité à partir d'un combustible).
- **L'énergie finale** correspond, quant à elle, à l'énergie livrée au consommateur avant son utilisation (par exemple, l'électricité livrée au point de livraison d'un consommateur), en ayant déduit les pertes liées à l'acheminement de l'énergie⁷. Du point de vue du consommateur, c'est cette énergie qui fait l'objet d'un comptage et d'une facturation.

- **L'énergie utile** désigne enfin l'énergie dite « à la sortie de l'équipement » utilisant l'énergie finale, c'est-à-dire l'énergie finale pondérée du rendement ou du coefficient de performance dudit équipement (par exemple, la lumière dégagée par une ampoule, l'énergie mécanique apportée par un moteur à combustion - déduction faite des pertes de chaleur - ou bien la chaleur dégagée par une pompe à chaleur).

Le facteur de conversion entre les différents types d'énergie - autrement dit le niveau des déperditions - varie selon les vecteurs énergétiques utilisés et la qualité technique des installations de transformation et de transport. La comptabilité en énergie primaire permet de visualiser l'ensemble des usages consommant une même énergie, en tenant compte des pertes. Par exemple, il est possible d'utiliser les énergies fossiles (pétrole, gaz ou charbon) directement dans des équipements (chauffage, cuisson, véhicules, etc.) ou bien pour produire de l'électricité ou alimenter un réseau de chaleur. Comptabiliser et fixer des objectifs de réduction de consommation en énergie primaire permet de prendre en compte l'ensemble des usages de chaque énergie et donc l'ensemble des gisements d'économie d'énergie. **A l'inverse, pour une politique sectorielle donnée (bâtiment, mobilité), la comptabilisation en énergie finale permet de refléter une incitation directe pour le consommateur à se tourner vers les équipements les plus performants.**



2. Un baril américain de pétrole a une contenance de 158,99 litres.

3. Une tonne équivalent pétrole (tep) correspond à l'énergie dégagée sous forme de chaleur récupérable par la combustion complète d'une tonne de pétrole.

4. Baril équivalent pétrole

5. Un stère de bûches de bois équivaut à 1 m³ apparent. Compte tenu de l'espace entre les bûches, cela représente entre 0,6 et 0,8 m³ de bois selon la taille des bûches.

6. Le coke est un combustible au pouvoir calorifique élevé qui est aujourd'hui principalement utilisé dans la sidérurgie. Historiquement le coke s'est substitué au charbon de bois à la suite des découvertes de grands gisements charbonniers (houille) au début de la révolution industrielle. Il a notamment été utilisé dans les forges et pour le chauffage domestique.

7. En 2018, pour l'électricité, ces pertes s'élevaient respectivement à 6,02 % sur le réseau de distribution et 2,16 % sur le réseau de transport selon les bilans électriques d'Enedis et RTE.



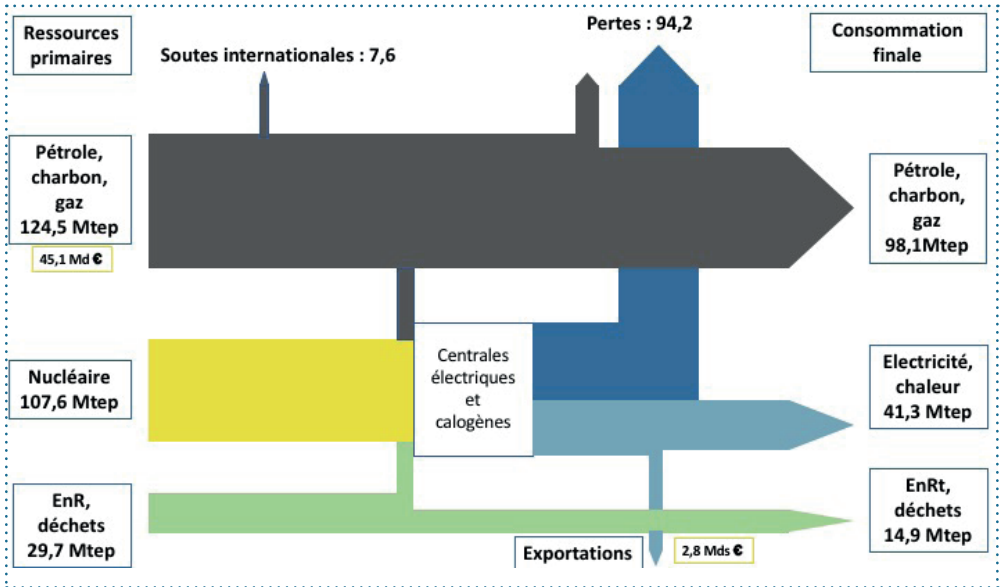
LE DIAGRAMME DE SANKEY 2018 DE L'ÉNERGIE EN FRANCE

Le diagramme de Sankey⁸ pour la France (DOM-TOM inclus) en 2018⁹, présenté ci-contre, permet de comptabiliser les quantités d'énergies entrant sur le territoire national (exprimées par défaut en énergie primaire) et celles utilisées pour la consommation (en énergie finale).

Si l'on valorise les importations et exportations de chaque énergie, le diagramme de Sankey permet également d'obtenir une vision de la balance commerciale des flux énergétiques du pays. Celle-ci marquait un déficit de 44,9 milliards d'euros en 2018, soit 76 % du déficit total de la balance commerciale française. Ce déficit s'explique par des fortes importations d'énergies fossiles (34,9 milliards d'euros pour le pétrole et 10,7 milliards d'euros pour le gaz). Parmi les secteurs énergétiques, seule la production d'électricité génère un solde exportateur positif, évalué à 2,8 milliards d'euros, ce qui permet d'alléger la facture énergétique du pays. Ce même secteur contribue fortement à l'indépendance énergétique de la France : mesurée comme le rapport entre la production et la consommation nationale d'énergie primaire, elle s'élève à 55,4 % en 2018¹¹.

L'importance des pertes dans le domaine de l'électricité s'explique principalement par la non-valorisation de la chaleur dégagée par la

fission nucléaire, en raison de l'éloignement de ces centrales des zones d'habitation¹⁰.



Soutes internationales : consommations d'énergies réalisées dans les domaines du transport aérien et maritime international

EnR : hydro-électricité (hors pompage), éolien, solaire photovoltaïque, EnR thermiques (**EnRt**) comme le bois, déchets de bois, solaire thermique, biocarburants, pompes à chaleur, etc

Centrales calogènes : centrales utilisées pour produire de la chaleur

LE COEFFICIENT D'ÉNERGIE PRIMAIRE (CEP) : PASSAGE OBLIGÉ ENTRE ÉNERGIE PRIMAIRE ET ÉNERGIE FINALE ?

En France, les réglementations thermiques successives ont fixé un seuil maximal de consommation pour les bâtiments neufs exprimé en énergie primaire¹². De plus, le Diagnostic de Performance Énergétique (DPE), qui permet de renseigner la performance énergétique d'un bâtiment par le biais de l'évaluation de sa consommation d'énergie et de ses émissions de gaz à effet de serre¹³, se base également sur une étiquette affichée en énergie primaire. **Seule la consommation d'énergie finale faisant par définition l'objet d'un comptage, ces modalités de calcul nécessitent d'utiliser un facteur de conversion : le facteur de conversion en énergie primaire (CEP ou PEF pour Primary Energy Factor en anglais).**

$$\text{Énergie primaire} = \text{Énergie finale} * \text{CEP}$$

Le CEP constitue ainsi le coefficient permettant calculer la quantité d'énergie primaire qu'il a fallu théoriquement utiliser pour obtenir une quantité d'énergie finale pour un vecteur énergétique donné. Il est propre à chacun

des vecteurs énergétiques. Par convention, les coefficients d'énergie primaire suivants sont utilisés en France :

Vecteur énergétique	Charbon	Fioul	Gaz	Électricité
CEP applicable	1	1	1	2,58

8. Le diagramme de Sankey a été nommé en hommage au Matthew Henry Phineas Riall Sankey (1853 - 1926), qui a utilisé ce type de diagramme dès 1898 dans une publication sur l'efficacité énergétique d'une machine à vapeur.

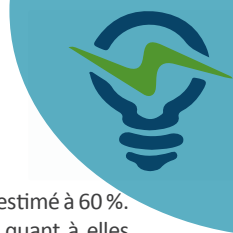
9. Bilan énergétique de la France en 2018, MTES, février 2019

10. Quelques cas de valorisation dans des réseaux de chaleur existent néanmoins, comme par exemple la chaleur fatale de la centrale nucléaire de Gravelines qui est récupérée pour effectuer le chauffage de l'eau de pisciculture à proximité (<https://ppe.debatpublic.fr/recuperation-chaleur-fatale-du-nucleaire>).

11. Ce taux évolue peu depuis le début des années 1990. Il avait sensiblement crû dans les années 1980, en raison du fort développement du parc électronucléaire, l'énergie nucléaire étant considérée par convention statistique internationale comme produite domestiquement, au vu du faible poids du combustible dans la chaîne de valeur.

12. La réglementation thermique (RT) 2012 fixe ainsi un seuil de consommation maximal de 50 kWh/m² en énergie primaire pour l'ensemble des vecteurs énergétiques, modulé selon la localisation géographique, l'altitude, le type d'usage du bâtiment, la surface moyenne des logements et les émissions de gaz à effet de serre pour le bois énergie et les réseaux de chaleur les moins émetteurs de CO₂.

13. OIE, Le diagnostic de performance énergétique, septembre 2018



COMMENT LE CEP APPLICABLE À L'ÉLECTRICITÉ EST-IL CALCULÉ EN FRANCE ?

Basée sur le mix électrique de la fin du XX^e siècle, la valeur retenue pour le CEP de l'électricité en France est de 2,58. La méthode de calcul utilisée est celle de l'Agence internationale

de l'énergie (AIE), qui prend en compte des rendements types pour les centrales de production d'électricité.

La production d'électricité par des centrales nucléaires est ainsi considérée comme ayant un rendement de 33 % tandis que celui des

centrales thermiques fossiles est estimé à 60 %. Les énergies renouvelables sont quant à elles comptabilisées avec un rendement de 100 %¹⁴.

Source de production	Nucléaire	Thermique fossile	EnR
Rendement méthode AIE	33 %	60 %	100 %

Un CEP à 1 pour les EnR

Caractériser le CEP de l'électricité d'origine renouvelable est complexe car, dans la plupart des cas, l'exploitation et la transformation de ces énergies en électricité ne résulte pas de la consommation d'un stock fini d'énergie mais de la transformation d'un flux qui se renouvelle de façon quasiment inépuisable par rapport aux quantités utilisées par l'homme (ensoleillement, vent, marées, pluies, etc.). Le CEP pour ces énergies a été fixé par convention à 1, supposant que leur transformation d'énergie primaire en énergie finale se fait avec un rendement de 100 %. Cette convention ne prend pas en compte les rendements internes des installations de production renouvelable, par exemple dans le cas de l'hydraulique les rendements des turbines. Cette convention considère en effet que ces pertes ne conduisent pas à une différence entre énergie primaire et énergie finale car cette dernière est « compensée » par le caractère inépuisable de l'énergie renouvelable.

Les conventions et hypothèses sous-tendant les calculs des CEP

Les calculs des différents CEP sont réalisés en prenant en compte les conventions et hypothèses ci-après.

Des CEP limités aux frontières nationales

Ces CEP sont calculés sur les dépenses énergétiques réalisées à l'intérieur des frontières du pays considéré. Ils ne prennent pas en compte les pertes réalisées à l'extérieur du pays et n'incluent pas d'analyse en cycle de vie des vecteurs énergétiques. Ainsi, les dépenses énergétiques occasionnées par l'extraction et la production des ressources ne sont pas incluses dans le calcul du CEP. Par exemple, dans le cas de l'exploitation pétrolière, le torchage - c'est-à-

dire la combustion de gaz réalisée à la sortie des puits pour récupérer uniquement du pétrole - n'est pas pris en compte. Les fuites de méthane dans l'atmosphère lors de cette phase d'extraction et de production ne sont pas davantage prises en compte, ni pour le pétrole ni pour le gaz naturel.

Au contraire, si les CEP étaient calculés en intégrant une analyse en cycle de vie, il faudrait alors comptabiliser l'extraction des ressources mais aussi l'énergie utilisée pour la construction des infrastructures de transport et des centrales.

Un rapport de l'institut Fraunhofer¹⁵ proposait ainsi en 2016 au niveau européen un CEP calculé en analyse de cycle de vie de 1,11 pour le gaz, 1,07 pour le charbon et 1,1 pour le pétrole.

Mix électrique actuel ou futur ?

En France, la valeur du CEP applicable à l'électricité, identique depuis la RT 2000¹⁶, n'a pas suivi l'évolution du mix électrique, malgré la fermeture de plusieurs centrales thermiques fossiles et la montée en puissance des énergies renouvelables. Ce décalage dans le temps est d'autant plus important que les normes en énergie primaire sont valables pendant plusieurs années (un DPE a par exemple une durée de validité de 10 ans).

Une baisse du CEP applicable à l'électricité

Le Gouvernement a annoncé en janvier 2020¹⁷ l'utilisation d'un CEP fixé à 2,3 dans le cadre du lancement d'une phase de modélisation autour de la RE 2020 (future réglementation environnementale des bâtiments neufs). Le ministère de la Transition écologique et solidaire a en effet confirmé que ce niveau « correspond à la valeur moyenne anticipée de ce coefficient au cours des 50 prochaines années, permettant ainsi de prendre en compte l'évolution prévisionnelle

du mix électrique au cours de la durée de vie des bâtiments neufs ».

A titre indicatif, le tableau ci-dessous présente les évolutions du CEP de l'électricité en fonction des part des différentes filières dans les mix électriques (en pourcentage de la production totale annuelle) prévus par la loi¹⁸ et la Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE).

Source de production d'électricité	2028	2035
Nucléaire	60 %	50 %
Thermique à flamme	5 %	5 %
EnR	35 %	45 %
CEP	2,43	2,21

14. A l'exception de la géothermie électrique qui est quant à elle comptabilisée avec un rendement de 10 %.

15. Final Report Evaluation of primary energy factor calculation options for electricity, Fraunhofer Fraunhofer-Institut für System-und Innovationsforschung (ISI), 2016

16. Arrêté du 29 novembre 2000 relatif aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments

17. Communiqué de presse du MTEs, « RE2020 : une nouvelle étape vers une future réglementation environnementale des bâtiments neufs plus ambitieuse contre le changement climatique », janvier 2020

18. Article L. 100-4 du code de l'énergie



Le CEP en Europe

Au niveau européen, la directive révisée relative à l'efficacité énergétique¹⁹ impose aux Etats membres d'appliquer par défaut un coefficient de 2,1 révisé tous les quatre ans pour l'électricité. S'ils choisissent d'appliquer une autre valeur, les Etats membres doivent la justifier au sein des plans énergie-climat²⁰ transmis à la Commission européenne.

Cette directive recommande également aux Etats membres d'utiliser la méthode de l'AIE pour réaliser le calcul du CEP applicable à l'électricité. Cette harmonisation vise à ce que les différences de CEP entre Etats membres ne reflètent que la diversité des mix électriques.

CONSÉQUENCES DE LA COMPTABILISATION EN ÉNERGIE PRIMAIRE DANS LE BÂTIMENT

Les réglementations basées sur une comptabilité en énergie primaire conduisent à donner une forte importance aux CEP des vecteurs énergétiques. En effet,

deux bâtiments présentant la même consommation en énergie finale mesurée auront une consommation en énergie primaire différente selon le vecteur énergétique qu'ils utilisent, quand bien même ils présenteraient une qualité du bâti équivalente (niveau d'isolation, dispositif de ventilation, etc.). De plus, les CEP sont issus d'un ensemble de calculs et conventions, dont les évolutions pourraient modifier les consommations énergétiques primaires d'un bâtiment sans que les consommations finales et donc la facture des consommateurs ne changent.

Par ailleurs, ce type de réglementation conduit à ce que le choix entre les vecteurs énergétiques se fasse indépendamment de leurs impacts climatiques et environnementaux (émissions de gaz à effet de serre (GES), production de déchets ou émissions de polluants atmosphériques) ou de leurs coûts sur la facture des consommateurs.

Par exemple, du fait de leur CEP équivalent, l'usage du gaz, du fioul ou du charbon pour le chauffage des bâtiments sont mis sur le même plan bien que leurs émissions de GES soient très différentes (respectivement 227, 325 et 377 gCO₂/kWh PCI)²¹.

L'électricité, elle, est défavorisée par cette comptabilisation alors que son usage chauffage émet largement moins de GES (79 g CO₂/kWh)²².

19. Directive (UE) 2018/844 du parlement européen et du conseil du 30 mai 2018 modifiant la directive 2010/31/UE sur la performance énergétique des bâtiments et la directive 2012/27/UE relative à l'efficacité énergétique

20. Depuis le Clean Energy Package, chaque Etat membre a l'obligation de soumettre à la Commission européenne des plans énergie-climat portant sur les cinq thèmes de l'Union de l'énergie : décarbonation, efficacité énergétique, sécurité énergétique, marché intérieur de l'énergie et recherche innovation et compétitivité.

21. OIE, Le contenu carbone des énergies, février 2019

22. Communiqué de presse du MTES, « RE2020 : une nouvelle étape vers une future réglementation environnementale des bâtiments neufs plus ambitieuse contre le changement climatique », janvier 2020