



Les notes de l'Observatoire de l'Industrie Electrique

Usages de
l'électricité

Politique
énergétique

Système
électrique

Juillet 2024

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 énergétique primaire d'énergies fossiles en 2030, par rapport à 2012¹. Pourquoi fixer deux objectifs différents ? Quel est le lien entre énergie primaire et énergie finale ? Quels sont les impacts de ces deux notions sur la politique énergétique et climatique ?

La manière de comptabiliser l'énergie entre en ligne de compte pour atteindre ces objectifs, or celle-ci est souvent mal comprise.

Ainsi, l'OIE revient dans la présente note sur les différentes méthodes de comptabilité de l'énergie en France et leurs impacts sur les politiques publiques, notamment dans le domaine du bâtiment.



¹ Article L100-4 du code de l'énergie



Les points clés

- Il existe quatre différents types d'énergie : l'énergie primaire, l'énergie secondaire, l'énergie finale et l'énergie utile.
- Comparer deux quantités d'énergie nécessite d'utiliser la même unité et le même type d'énergie.
- Un diagramme de Sankey permet de comptabiliser les quantités d'énergies rentrant sur le territoire national (en énergie primaire) et celles utilisées pour la consommation (en énergie finale), et ainsi de dégager une vision de la balance commerciale des flux énergétiques du pays.
- Seule la production d'électricité génère un solde exportateur positif parmi les secteurs énergétiques, permettant ainsi d'alléger la facture énergétique du pays.
- Pour le consommateur, c'est l'énergie finale qui fait l'objet d'un comptage et d'une facturation.
- La consommation d'énergie primaire n'étant pas une grandeur mesurable, elle se calcule de la façon suivante : $\text{Energie primaire} = \text{Energie finale} * \text{Coefficient d'Energie Primaire (CEP)}$.
 - En France, la valeur retenue pour le CEP de l'électricité est de 2,3. Il est de 1 pour les énergies fossiles.
 - Les calculs du CEP applicables à l'électricité reposent sur plusieurs conventions et hypothèses et diffèrent selon les États membres de l'Union européenne.
 - Les réglementations basées sur un calcul en énergie primaire conduisent à donner une forte importance aux CEP des vecteurs énergétiques et à ce que le choix entre ces derniers se fasse indépendamment de leurs impacts climatiques et environnementaux.

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

Atteindre la neutralité carbone à horizon 2050 suppose à la fois de réduire la consommation des différentes énergies fossiles par des actions de sobriété et d'efficacité énergétique et de développer les énergies bas-carbone. Le suivi de la mise en œuvre de cette politique nécessite donc de pouvoir regrouper et traiter de nombreuses données relatives à la production et à la consommation d'énergie sous la forme d'indicateurs synthétiques et simples à appréhender. Dès lors, afin de comparer deux quantités d'énergie, deux conditions doivent être remplies : l'utilisation de la même unité et du même type d'énergie.

a) Unités de compatibilité de l'énergie

Historiquement, chaque vecteur énergétique a eu son unité privilégiée.

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).

Les 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.

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

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



Vecteur énergétique	Unité communément utilisée	Facteur de conversion par rapport à une tonne équivalente pétrole (tep)
Pétrole	Une tonne équivalent pétrole (tep)	/
Tous	Joule (J)	4,19 1010 J
Electricité	Mégawattheure (MWh)	11,6 MWh
Pétrole	Baril (Bep ⁴)	7,14 Bep
Gaz	British thermal units (Btu)	3,97 107 Btu
Charbon	Tonnes équivalents charbon (tec)	1.43 tec
Bois	Stère ⁵ (st)	6,22 st

Les pouvoirs calorifiques du chauffage

Il convient d'apporter une précision supplémentaire sur les unités permettant de caractériser la quantité d'énergie dégagée au cours d'une combustion : celle-ci peut s'exprimer en faisant référence au Pouvoir Calorifique Inférieur (PCI) ou bien au Pouvoir Calorifique Supérieur (PCS).

Le bilan énergétique de la France pour 2022 souligne ainsi que « *le PCS donne le dégagement maximal théorique de chaleur pendant la combustion, y compris la chaleur de condensation de la vapeur d'eau produite pendant cette combustion. Le PCI n'inclut pas cette chaleur de condensation.* »

Le PCI d'une combustion donnée sera en conséquence toujours inférieur au PCS. Pour le fioul par exemple, 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.

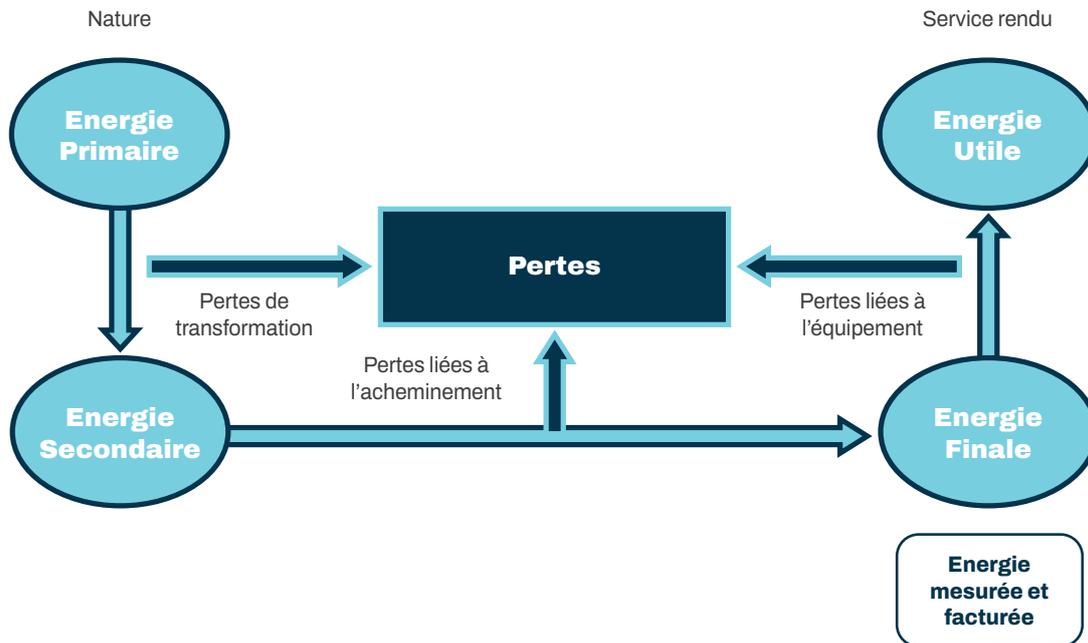


4 Baril équivalent pétrole

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.



b) Les différents types d'énergie



Entre son état naturel lorsqu'elle est prélevée dans l'environnement et son utilisation par un consommateur final, l'énergie connaît des pertes liées aux rendements, à l'acheminement et aux équipements utilisant cette énergie. Il convient de distinguer les **pertes dites « techniques »**, qui interviennent lors du fonctionnement du système (au moment de l'acheminement de l'énergie, lors des rendements des process de transformation de l'énergie...), des **pertes dites « non techniques »**. Ces dernières correspondent à des consommations non comptées ou à des erreurs de mesurage.

Afin de quantifier l'énergie et les pertes susmentionnées, il convient de distinguer :

- **L'énergie primaire**, qui correspond à l'énergie contenue dans les ressources extraites de la nature, avant leur exploitation et leur acheminement (par exemple le pétrole, l'uranium, le bois, l'ensoleillement...);
- **L'énergie secondaire**, qui est calculée 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 coke à partir de charbon à coke, ou encore de la production d'électricité à partir d'un combustible);
- **L'énergie finale**, qui correspond 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'énergie⁶). **Pour le consommateur, c'est cette énergie qui fait l'objet d'un comptage et d'une facturation**;
- **L'énergie utile**, qui désigne 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 de celui-ci (par exemple si l'énergie finale requise pour le fonctionnement d'une ampoule à incandescence pendant une heure est de 100 Wh, alors l'énergie utile correspondant à la production de lumière est seulement de 5 Wh, les 95 Wh restants étant dégagés sous forme de 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.

⁶ En 2022 pour l'électricité ces pertes s'élevaient respectivement à 6,21 % sur le réseau de distribution et 2,3 % sur le réseau de transport selon les données respectives d'Enedis et de RTE.

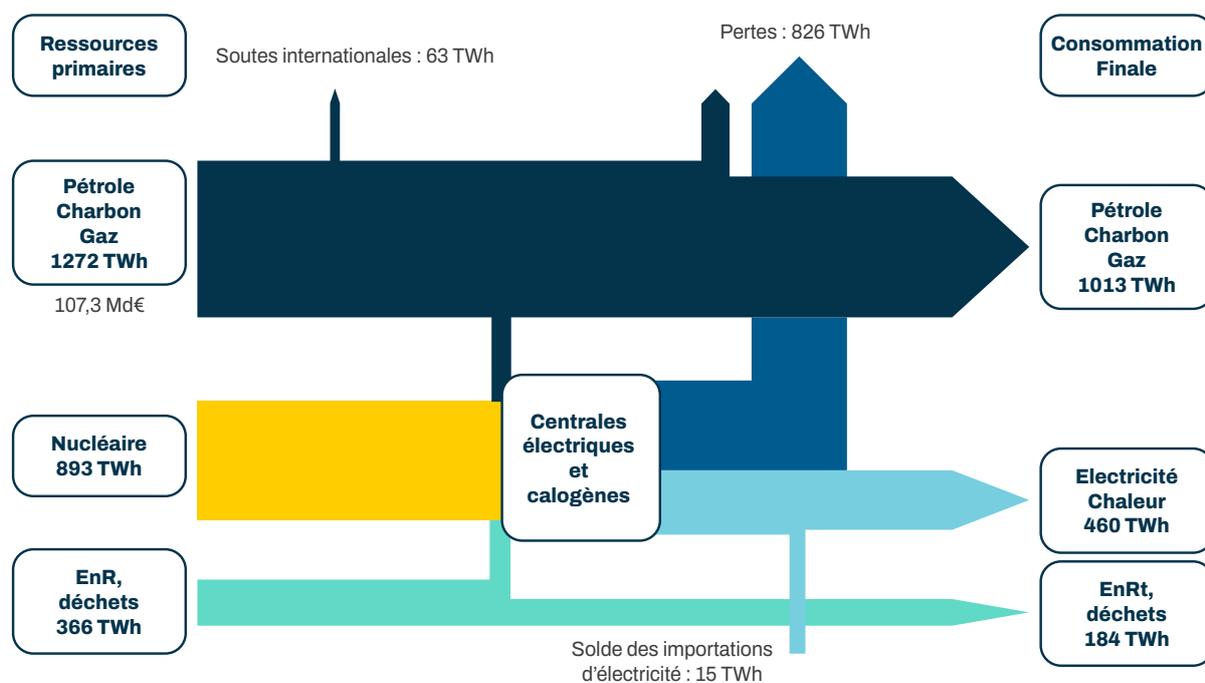


Un calcul en énergie primaire permet de visualiser l'ensemble des usages consommant une même énergie, en tenant compte des pertes. Par exemple, il est possible d'utiliser les énergies fossiles (pétrole, gaz, charbon) directement dans des équipements (chauffage, cuisson, véhicules...) ou bien pour produire de l'électricité ou alimenter un réseau de chaleur. Se fixer des objectifs de réduction de ces énergies en énergie primaire permet ainsi de prendre en compte l'ensemble de leurs usages et donc l'ensemble des gisements d'économie d'énergie.

A l'inverse, pour une politique sectorielle donnée (bâtiment, mobilité), la comptabilité en énergie finale permet de refléter une incitation directe pour le consommateur à adopter des comportements sobres et à se tourner vers les équipements les plus performants, de par la facilité de sa mesure physique qui permet un suivi de l'impact d'actions de réduction de consommation d'énergie.

c) Le diagramme de Sankey 2022 de l'énergie en France

Le diagramme de Sankey⁷ pour la France (DROM inclus) en 2022⁸, présenté ci-dessous, permet de comptabiliser les quantités d'énergies rentrant sur le territoire national (exprimées par défaut en énergie primaire) et celles utilisées pour la consommation (en énergie finale). Cette comptabilisation est effectuée « aux frontières » d'un pays ou d'une zone géographique et ne tient donc pas compte des pertes ou fuites qui se seraient produites avant d'entrer sur le territoire. Une telle approche tend donc à pénaliser des énergies produites localement par rapport aux productions importées.



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

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

Centrales calogènes : centrales utilisées pour produire de la chaleur

7 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

8 SDES, « Chiffres clés de l'énergie, Edition 2023 », septembre 2023



Bon à savoir

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'habitation*.

* Quelques cas de valorisation dans des réseaux de chaleur existent néanmoins, comme 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>

Si les importations et exportations de chaque énergie sont valorisées, le diagramme de Sankey permet alors également de dégager une vision de la balance commerciale des flux énergétiques du pays.

Celle-ci marquait un déficit record de 116,3 milliards d'euros en 2022 soit 71 % du déficit total de la balance commerciale française. Ce déficit s'explique par des fortes importations d'énergies fossiles couplées à l'intense renchérissement de ces dernières cette année-là (46,7 milliards d'euros pour le gaz, 31,4 milliards d'euros pour le pétrole brut).

Historiquement, seule la production d'électricité génère un solde exportateur positif parmi les secteurs énergétiques, s'élevant en moyenne à 2,2 milliards d'euros entre 2011 et 2021 et permettant ainsi d'alléger la facture énergétique du pays.

En 2022, la baisse de la disponibilité des parcs nucléaire et hydrauliques français a renforcé la détérioration de la balance commerciale à hauteur de 10,2 milliards d'euros. Néanmoins, le fait que la France ait dû importer plus d'électricité qu'elle n'en a exporté en 2022 se révèle plus conjoncturel que structurel : le solde annuel est redevenu exportateur en 2023⁹. 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 50,3 % en 2022, contre 55 % en moyenne les années précédentes¹⁰.



9 RTE, Bilan électrique 2023

10 INSEE. 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 comme produite domestiquement par convention statistique internationale, au vu du faible poids du combustible dans la chaîne de valeur.



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

En France, les réglementations successives pour la construction de bâtiments neufs ont fixé un seuil maximal de consommation en énergie primaire¹¹. Plus largement, pour le parc de bâtiments existants, le Diagnostic de Performance Énergétique (DPE), vise à permettre de renseigner sur la performance énergétique et climatique d'un bâtiment.

Le DPE se base sur une étiquette évaluée via une logique de double seuil en émissions de gaz à effet de serre et en énergie primaire¹². Depuis 2020, les DPE indiquent également à titre informatif les volumes conventionnels d'énergies consommés au sein d'un bâtiment. **La consommation d'énergie primaire n'étant pas une grandeur mesurable, elle se calcule comme le produit entre l'énergie finale consommée et un facteur de conversion : le facteur de conversion en énergie primaire, « CEP »** (PEF pour Primary Energy Factor en anglais).

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

Le CEP constitue ainsi le coefficient permettant de calculer la quantité d'énergie primaire qu'il a fallu utiliser pour obtenir une quantité d'énergie finale, et ce pour un vecteur énergétique donné.

Par convention, les coefficients d'énergie primaire suivants sont utilisés en France¹³ :

Vecteur énergétique	Charbon	Fioul	Gaz	Électricité
CEP applicable	1	1	1	2,3

En France, la valeur retenue pour le coefficient d'énergie primaire de l'électricité est de 2,3.

Les calculs de CEP de certaines énergies ou nouveaux vecteurs énergétiques, dont l'utilisation pour des usages énergétiques croît, font l'objet de plus en plus de recherches. Ainsi, bien que la valeur d'un CEP pour l'hydrogène varie significativement selon la technologie de production et le type d'énergie utilisé, certains travaux évaluent le CEP de l'hydrogène électrolytique à environ 2,1¹⁴.

a) Évolution de la valeur du CEP applicable à l'électricité en France

Durant plusieurs décennies la valeur du CEP applicable à l'électricité française est restée fixée à 2,58¹⁵. Elle n'a ainsi pas suivi l'évolution rapide du mix électrique français du début du XXIème siècle, en ne prenant pas en compte la fermeture de plusieurs centrales thermiques fossiles, ni la montée en puissance des énergies renouvelables. Ce décalage dans le temps était d'autant plus grand que les normes en énergie primaire sont valables pendant plusieurs années (par exemple un DPE a une durée de validité de 10 ans).

11 En vigueur jusqu'en 2021, la RT 2012 fixait ainsi un seuil de consommation maximale annuelle de 50 kWh par 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. Depuis le 1^{er} janvier 2022, la RT 2012 est progressivement remplacée par la réglementation environnementale RE2020 qui introduit une logique de performance environnementale via une analyse en cycle de vie, en complément de seuils en énergie primaire différenciés selon le type de bâtiment (par exemple 75 kWh par m² et par an pour une maison individuelle) et modulés selon différentes contraintes. La RE2020 introduit également un indicateur supplémentaire prenant en compte uniquement les consommations en énergie primaire non renouvelable du bâtiment.

12 MTE, Dossier de presse « Le nouveau diagnostic de performance énergétique », février 2021.

13 Ces valeurs peuvent différer d'un État à un autre, c'est par exemple le cas pour le CEP applicable au gaz naturel : la Suède a par exemple décidé d'appliquer une valeur de 1,80 depuis 2020. Commission européenne, "Support to Primary Energy Factors Review (PEF) – Final report", mai 2023.

14 Commission européenne, "Support to Primary Energy Factors Review (PEF) – Final report", mai 2023. Hypothèses d'un rendement d'électrolyseur de 75 % et d'un PEF de l'électricité à 1,6 (valeur 2030).

15 Cette valeur était notamment utilisée dans le cadre de la RT 2000 : Arrêté du 29 novembre 2000 relatif aux caractéristiques thermiques des bâtiments nouveaux et des parties nouvelles de bâtiments (article 29)



Depuis l'été 2021, dans le cadre de l'entrée en vigueur de la RE2020 (réglementation environnementale des bâtiments neufs), le gouvernement a fixé une nouvelle valeur du CEP égale à 2,3¹⁶ en adoptant une vision prospective et non plus rétrospective.

b) Les conventions et hypothèses sous tendant les calculs du CEP applicable à l'électricité

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.

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

La production d'électricité par des centrales nucléaire est ainsi considérée avec un rendement de 33 %, tandis que celle des centrales thermiques connaît un rendement de 60 %. Les énergies renouvelables sont quant à elles comptabilisées avec un rendement de 100 %¹⁷.

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 inépuisable par rapport aux quantités utilisées par l'homme (ensoleillement, vent, marées...). Le CEP pour l'électricité renouvelable 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 les rendements des turbines dans le cas de l'hydraulique. Cette convention considère en effet que ces pertes ne conduisent pas à une perte entre énergie primaire et énergie finale car cette dernière est « compensée » par le caractère inépuisable de l'énergie renouvelable.

Fixer un CEP égal à 0 pour les EnR aurait pour conséquence une réduction du CEP appliqué à l'électricité, d'autant plus significative que la part des EnR dans le mix électrique augmente¹⁸. Ce choix permettrait de refléter l'état de décarbonation d'un système électrique mais ne renseignerait pas sur la bonne efficacité du mix de production. L'application d'un CEP égal à 0 pour les EnR pourrait donner un signal trompeur, sous entendant que le gaspillage énergétique n'est pas un problème dans un système énergétique décarboné.

Des CEP aux frontières géographiques limitées

Plus largement, les calculs des différents CEP, pour l'électricité comme pour les autres énergies, sont réalisés en prenant en compte 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 aucune analyse en cycle de vie des vecteurs énergétiques.**

Ainsi les dépenses énergétiques occasionnées par l'extraction, la production et le transport 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 non plus prises en compte, ni pour le pétrole ni pour le gaz naturel.

¹⁶ Arrêté du 4 août 2021 relatif aux exigences de performance énergétique et environnementale des constructions de bâtiments en France métropolitaine et portant approbation de la méthode de calcul prévue à l'article R. 172-6 du code de la construction et de l'habitation.

¹⁷ A l'exception de la géothermie électrique qui est quant à elle comptabilisée avec un rendement de 10 %.

¹⁸ Commission européenne, "Support to Primary Energy Factors Review (PEF) – Final report", mai 2023.



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

Bien que l'analyse de l'impact d'une telle hypothèse soit difficile compte tenu du manque de données disponibles et de leurs incertitudes, un rapport de l'institut Fraunhofer¹⁹ évaluait en 2016 au niveau européen un CEP calculé en analyse de cycle de vie à 1,11 pour le gaz, 1,07 pour le charbon et 1,1 pour le pétrole, tandis que le CEP pour l'électricité pourrait augmenter d'environ 0,1.

c) Le CEP en Europe

Au niveau européen, **la directive révisée relative à l'efficacité énergétique²⁰ demande aux États d'appliquer par défaut un coefficient de 1,9 révisé tous les quatre ans pour l'électricité²¹.**

S'ils choisissent d'appliquer une autre valeur, les États membres doivent la justifier au sein des plans énergie-climat²² transmis à la commission européenne au travers d'une méthode « *transparente* » et fondée « *sur la base des circonstances nationales, régionales ou locales ayant une incidence sur la consommation d'énergie primaire* ». Ces dernières devront également être « *justifiées, vérifiables et fondées sur des critères objectifs et non discriminatoires* ».

Cette directive recommande également aux États 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 États membres ne reflètent que la diversité des mix électriques.

Malgré cette proposition, les définitions et méthodologies de calcul des CEP diffèrent selon les États membres. Ces différences accroissent les difficultés pour comparer les performances des parcs de bâtiments entre les pays.

Enfin, bien que la quasi-totalité des États membres de l'Union européenne fournissent une valeur du CEP unique pour tout leur territoire national, certains pays publient également des CEP à des échelles régionales (comme la Belgique et l'Espagne)²³.



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

20 Article 31 de la directive (UE) 2023/1791 du Parlement européen et du Conseil du 13 septembre 2023 relative à l'efficacité énergétique et modifiant le règlement (UE) 2023/955 (refonte). La valeur du coefficient par défaut était préalablement fixée à 2,5 entre 2012 et 2018 puis 2,1 depuis 2018.

21 Cette valeur est basée sur un calcul comprenant les 27 États membres de l'Union européenne ainsi que la Norvège, comportant une forte part d'EnR dans son mix électrique. Ce choix méthodologique a pour conséquence de légèrement sous évaluer le CEP jusqu'à l'horizon 2030, date à partir de laquelle la part d'EnR dans les mix électriques des États membres sera suffisamment élevée pour compenser cet effet. Commission européenne, "Support to Primary Energy Factors Review (PEF) – Final report", mai 2023.

22 Depuis le Clean Energy Package chaque État 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, recherche innovation et compétitivité.

23 Commission européenne, "Support to Primary Energy Factors Review (PEF) – Final report", mai 2023.



d) 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, alors même qu'ils présenteraient une qualité du bâti équivalente (niveau d'isolation, dispositif de ventilation, etc.)

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, production de déchets, émissions de polluants atmosphériques). Par exemple, du fait de leur CEP équivalent, l'usage du gaz, du fioul ou du charbon pour chauffer les bâtiments sont mis sur le plan alors même que leurs émissions de GES sont très différentes (respectivement 239, 324 et 376 gCO₂/kWh PCI en 2022). L'électricité, elle, est défavorisée par cette comptabilisation alors que son usage chauffage émet moins de GES (60,3 gCO₂/kWh en 2022)²⁴.



24 Base Empreinte de l'Ademe. Pour plus d'informations voir : OIE, « [Contenu carbone des énergies : et l'électricité dans tout ça ?](#) », octobre 2023