Impacts

Quel est le contenu en CO_2 du kWh électrique ?

Le contenu en CO_2 du kilowattheure électrique correspond aux émissions de CO_2 engendrées par la production d'un kilowattheure d'électricité. Est-il le même pour tous les kilowattheures électriques consommés en France ? Comment le calcule-t-on ?

Publié le 19 novembre 2015
Modifié le 21 novembre 2018

En quelques mots

Plusieurs méthodes permettent de calculer le contenu en CO_2 du kWh électrique. En fonction de celle qui est employée, il peut varier de 40 g (contenu moyen en CO_2 par kWh sur l'année) à 180 g (contenu moyen pour le chauffage électrique). Une approche dite « prospective » donne des résultats encore différents : la non-consommation d'un kWh électrique peut engendrer une économie de 400 à 700 g de CO_2.

Le choix de la méthode dépend des objectifs recherchés. La valeur retenue de contenu en CO_2 ne sera pas la même selon que l'on souhaite établir un bilan annuel d'émission ou estimer l'impact d'une mesure de réduction de consommation d'électricité ou de l'apparition d'un nouveau usage électrique. Les différentes méthodes étant complémentaires, elles doivent être menées de front.

Rappel sur les sources de production d'électricité en France

L'électricité est un vecteur énergétique, c'est-à-dire un moyen de transporter l'énergie, comme peut l'être l'eau pour la chaleur. À un instant donné, le kilowattheure (kWh) consommé sur le territoire national est issu d'un mélange de plusieurs sources d'énergies. Le contenu en CO_2 du kWh électrique correspond aux émissions de CO_2 engendrées par la production de ce kWh d'électricité.

En 2015, l'énergie nucléaire a constitué 76 % de l'électricité produite en France, devant l'hydraulique (11 %), l'éolien (4 %), le gaz (4 %), le charbon (1,6 %), le photovoltaïque (1,4 %), les bioénergies (1,4 %) et le fioul (0,6 %). Les

combustibles fossiles ont ainsi représenté 6 % de la production électrique nationale (5 % en 2014, 8 % en 2013)[1].

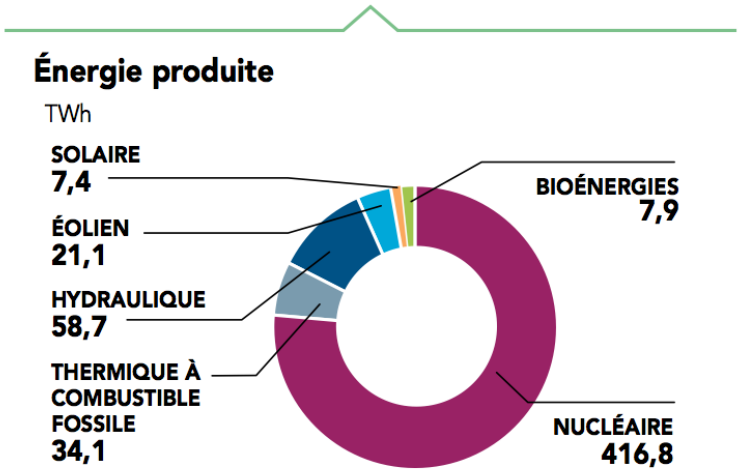

Figure 1 : Origine de la production électrique française en 2015 – Source : RTE

Les méthodes de calcul du contenu en CO_2 du kWh électrique

Le contenu moyen en CO_2 du kWh électrique produit en France sur une année civile est relativement simple à calculer. Il suffit de diviser le nombre de tonnes de CO_2 émises par le secteur électrique par le nombre de kWh produits, sans tenir compte des importations et exportations d'électricité. On obtient ainsi le contenu moyen sur l'année. Il a été de 40 g / kWh en 2014[2].

Cette valeur met en lumière le faible contenu en carbone de l'électricité produite en France. Mais elle ne prend pas en compte les importations d'électricité de la France ni ses exportations vers ses voisins européens. Elle ne reflète donc pas exactement le contenu en CO_2 de l'électricité consommée en France.

Par ailleurs, ce contenu moyen ne tient aucun compte de la variabilité du contenu en CO_2 du kWh en fonction des saisons ou des heures de la journée. Cette valeur évolue pourtant en fonction du niveau de consommation de l'électricité, dépendant des usages qui sont faits.

Autre faiblesse de cet indicateur : il n'est pas pertinent pour évaluer le CO_2 non émis grâce à une économie d'électricité. Dire qu'économiser 1 kWh c'est économiser 40 g de CO_2 reviendrait à attribuer cette économie d'énergie aux différentes sources d'électricité en fonction de leur répartition dans la production. Selon cette logique, on pourrait dire par exemple, qu'économiser 1 kWh en France, en 2014, équivalait à réduire de 0,77 kWh la production nucléaire, 0,05 kWh le thermique à flamme (fioul, gaz, charbon), 0,13 kWh l'hydraulique, et 0,05 kWh les autres énergies renouvelables. Ce raisonnement est absurde par rapport à la notion d'empilement des moyens de production.

Pour aller plus loin, il est nécessaire d'avoir recours à une approche plus fine permettant de connaître le contenu en CO_2 du kWh en fonction de ses usages. Le choix entre les deux méthodes qui coexistent dépendra des objectifs recherchés.

La méthode dite d'allocation est à privilégier pour la réalisation de bilans annuels des émissions de CO_2.

La méthode marginale, quant à elle, est utile pour quantifier les impacts sur les émissions de CO_2 d'une évolution de la consommation ou de la production d'énergie. Elle permet d'évaluer les conséquences de plans d'actions.

Méthode d'allocation

La méthode d'allocation donne les moyens d'établir des bilans d'émissions de CO_2 par secteur ou par usage, en affectant les émissions de CO_2 du parc de production d'électricité sur un secteur de consommation.

Cette méthode a fait l'objet d'une note, publiée par l'Ademe en 2005[3], dont les principaux résultats sont les suivants :

Usages	Contenu en CO_2 (en g de CO_2/kWh)
Chauffage électrique	180 g
Éclairage	100 g
Usages intermittents (cuisson, lavage, etc.)	60 g
Usages « en base » (appareils de froid, eau chaude, …)	40 g

Tableau 1 : Contenu moyen en CO_2 par usage, selon la méthode d'allocation – Source : Ademe

Bien que nécessairement perfectibles[4], ces résultats ont le mérite de montrer à quel point le contenu en CO_2 du kWh varie en fonction des usages. Ils dévoilent aussi les limites du simple contenu en CO_2 moyen annuel tous usages confondus, calculé précédemment. Mais, si cette méthode permet de différencier le contenu en CO_2 d'un kWh en fonction de son usage, elle ne permet toujours pas d'évaluer le gain en CO_2 d'une économie d'énergie d'un kWh. Pour cela, il est nécessaire de connaître le moyen de production d'électricité impacté par cette diminution de consommation.

Méthode marginale

La méthode dite marginale repose sur l'analyse de l'effet d'une variation de consommation sur le parc de production électrique. Elle nécessite la compréhension du fonctionnement technico-économique du parc de production électrique.

Fonctionnement et ajustement de la production électrique

À chaque instant, la production d'une quantité d'électricité est faite à partir des sources d'énergie disponibles. L'ordre de préséance, c'est-à-dire l'ordre dans lequel les moyens de production sont sollicités, est de nature technique (disponibilité effective, priorité aux énergies renouvelables de flux – éolien, photovoltaïque, hydraulique au fil de l'eau) et économique (coût). Ainsi, à chaque instant, les moyens de production non-pilotables (comme le photovoltaïque et l'éolien) et/ou les moins chers sont prioritairement employés. Puis, au fur et à mesure de l'augmentation de la consommation, les centrales plus coûteuses (et généralement plus émettrices de CO_2) sont progressivement démarrées.

Le moyen utilisé à un instant donné pour ajuster à la baisse ou à la hausse la production d'électricité est appelé le moyen marginal. Pendant les périodes de basse consommation, le nucléaire est souvent utilisé pour ajuster la production à la consommation. Pendant les heures les plus consommatrices de l'année, l'hydraulique, le charbon, le gaz ou le fioul sont les moyens de production marginaux.

Ainsi, à certains moments, une augmentation de la consommation d'électricité n'entraînera que peu d'émissions supplémentaires de CO_2 (par exemple la nuit en été, lorsque les centrales nucléaires ne sont pas toutes utilisées et donc partiellement disponibles). À l'inverse, au cours des périodes de pointe de consommation, des économies d'électricité éviteraient des émissions considérables de CO_2 (de l'ordre de 1 000 g CO_2/kWh pour une centrale à charbon et 350 à 600 g pour une centrale à gaz[5]), car elles limiteraient l'utilisation des centrales thermiques, mises en service en derniers recours.

Le contenu en CO_2 du kWh électrique calculé avec une approche marginale

L'Ademe et RTE ont réalisé en 2007 une première analyse du contenu en CO_2 du kWh électrique avec une méthode

marginale[6]. Pour mener à bien cette analyse, il est d'abord nécessaire de reconstituer le moyen marginal, heure par heure, pendant une année. Puis, en connaissant les heures moyennes de fonctionnement d'un type d'appareil donné (éclairage, chauffage ou plaque de cuisson par exemple), il est possible de déduire le moyen marginal qui sera sollicité par une hausse ou impacté par une baisse de consommation électrique de cet appareil.

Cette approche rend accessible l'évaluation des émissions de CO_2 évitées par la non-consommation d'un kWh, en fonction de son usage. Les résultats obtenus sont significativement différents de ceux qui sont obtenus avec une méthode d'allocation :

Usages	Contenu marginal en CO_2 (en g de CO_2/kWh)
Chauffage électrique	500 à 600 g
Usages intermittents et éclairage	600 à 700 g
Usages « en base » (appareils de froid, eau chaude, …)	450 à 550 g

Tableau 2 : Contenu moyen en CO_2 par usage, selon la méthode marginale – Source : RTE/Ademe

Ces résultats donnent les moyens d'apprécier plus finement l'impact d'une politique énergétique. Qu'engendrera une amélioration de l'efficacité énergétique des luminaires ? Quelles seront les émissions de CO_2 associées au développement d'un nouvel usage ?

Pour affiner les valeurs obtenues, ces analyses sont appelées à être mises à jour régulièrement en fonction des évolutions attendues de la consommation d'électricité, des moyens de production associés, et des systèmes énergétiques de nos voisins européens. L'Ademe et RTE envisageaient ainsi un contenu marginal en CO_2 du kWh électrique passant de 500 g en 2007 à 400 g en 2020 pour les usages en base.

Conclusion

Malgré la faible utilisation des énergies fossiles dans la production électrique française, la saisonnalité et la répartition horaire des usages entrainent des contenus en CO_2 par kWh variant dans un rapport de 1 à 4,5. L'application de la méthode marginale, basée sur le fonctionnement effectif du parc de production électrique, donne un contenu marginal entre 500 et 600 g de CO_2/kWh pour le chauffage électrique, soit trois plus élevé que par la méthode d'allocation, et quatorze fois plus que le contenu moyen annuel de 40 g CO_2/kWh.

Alors, quelle méthode et quels chiffres retenir ? S'il est tentant de rechercher une méthode unique d'évaluation du contenu en CO_2 du kWh électrique, cela n'a malheureusement pas de sens, car l'emploi d'une méthode ou d'une autre n'est justifié que par rapport à l'objectif poursuivi. Il n'est donc pas pertinent de faire l'économie d'une des méthodes : les informations qu'elle apporte seraient perdues. Pour parvenir à l'approche la plus complète possible du contenu en CO_2 du kWh électrique, il est nécessaire que les différentes études présentées dans cet article soient poursuivies en parallèle, et mises à jour régulièrement.

Sources et références

1. ↑ RTE, bilan électrique 2015
2. ↑ RTE, disponible sur : www.rte-france.com/fr/eco2mix/chiffres-cles
3. ↑ *Note de cadrage sur le contenu en CO_2 du kWh par usage en France*, Ademe, 2005.
4. ↑ *Contenu CO_2 de l'électricité : une question d'objectifs !*, Les cahiers de Global Chance, N°27, 2010, disponible sur : www.global-chance.org/IMG/pdf/GC27p39-45.pdf
5. ↑ RTE, disponible sur : www.rte-france.com/fr/eco2mix/eco2mix-co2
6. ↑ *Le contenu en CO_2 du kWh électrique : avantages comparés du contenu marginal et du contenu par usages sur la base de l'historique*, RTE/Ademe, 2007.

Crédit photo : dmytrok – CC BY-ND 2.0