

Énergie et rôle croissant de l'électricité

“ [L’augmentation] de la consommation électrique au niveau mondial est aussi nécessaire en France pour accompagner le transfert du gaz vers les piles à combustible dans le chauffage, la production d’hydrogène, le développement du parc de véhicules électriques, celui de l’industrie et des centres de données.”

Dans l’esprit du public ou dans les médias, on confond souvent transition énergétique et transition dans la production d’électricité. Or, l’électricité représente moins de 20 % de l’énergie finale consommée [1]. Il est donc nécessaire d’avoir une vue d’ensemble de cette consommation. L’énergie primaire (c’est-à-dire l’énergie totale) dans le monde relève à 80 % des sources fossiles [2], situation préoccupante qui a peu évolué depuis trente ans malgré le fort développement du renouvelable. Elle est dépensée dans trois grands postes : transports, production de chaleur et production d’électricité. Et les énergies fossiles sont majoritaires dans les trois secteurs au niveau mondial. La nécessaire réduction des émissions de gaz à effet de serre implique donc des changements majeurs multiples.

Pour ce qui est des transports, la solution passe par le développement des véhicules électriques ou à hydrogène, voire à carburants de synthèse. Les progrès des batteries pour véhicules électriques sont décrits dans la quatrième partie de ce numéro. Les sources d’électricité devront bien évidemment assurer la production correspondant à ce nouveau besoin : typiquement 60 TWh pour un parc de vingt millions de voitures, à comparer aux 480 TWh consommés annuellement aujourd’hui en France pour les transports. Dans le cas des véhicules à hydrogène, le vecteur essentiel est à nouveau l’électricité utilisée pour l’électrolyse de l’eau. L’électricité joue aussi un rôle majeur, notam-

ment en association avec la biomasse, dans la mise en œuvre de carburants de synthèse.

L’électricité semble encore jouer un rôle croissant pour réduire les émissions de gaz à effet de serre dans la production de chaleur : développement des pompes à chaleur (PAC) mené conjointement avec une amélioration des isolations de bâtiments, développement de processus industriels utilisant l’électricité plutôt que les combustibles fossiles. Une meilleure isolation thermique des bâtiments et une généralisation de l’utilisation des pompes à chaleur réduiront de plus de 100 TWh l’énergie fossile utilisée pour le chauffage en France, mais leur alimentation demandera une production supplémentaire d’électricité de plusieurs dizaines de TWh.

On constate que, dans tous les cas, l’électricité est appelée à jouer un rôle majeur. C’est une raison de plus pour que sa production soit décarbonée. Mais une autre conséquence est qu’il est illusoire de prévoir une baisse de la production correspondante. Le développement des pays émergents conduira à un doublement de la consommation d’énergie primaire mondiale, l’évolution de la consommation électrique étant encore plus forte à cause de la réduction des déséquilibres majeurs entre pays riches et pauvres (fig. 1), et à cause des transferts nécessaires vers l’électricité des usages utilisant les combustibles fossiles. Cette évolution de la consommation électrique au niveau mondial est aussi nécessaire



en France, certes de façon plus limitée en pourcentage, pour accompagner le transfert du gaz vers les PAC dans le chauffage, la production d'hydrogène ou de biocarburants de seconde génération, le développement du parc de véhicules électriques, celui de l'industrie et des centres de données, ainsi que l'augmentation attendue de la population. Les améliorations d'efficacité énergétique ne compenseront pas cette tendance.

Les technologies renouvelables (hydraulique, éolien, solaire et biomasse) et le nucléaire permettent de s'affranchir des énergies fossiles pour la production d'électricité : il est donc possible de la décarboner. Au niveau mondial, 2/3 de l'électricité est d'origine fossile [1] et le changement à opérer est majeur. Ce n'est plus le cas en France puisque la production d'électricité est assurée à 72 % par le nucléaire, 12 % par l'hydraulique, 4 % par l'éolien, 2 % par le photovoltaïque et 2 % par les bioénergies (année 2016 [3]). L'effort à accomplir pour ne plus utiliser les combustibles fossiles ne concerne donc que 8 % de la production électrique totale du pays. Cependant, la loi votée en France en 2015 implique une réduction de la part du nucléaire à 50 %.

Si on garde comme objectif de sortir des fossiles, la seule solution est alors une utilisation accrue de l'éolien et du solaire, puisque, par ailleurs, les sites disponibles pour l'hydraulique sont déjà presque tous utilisés et le potentiel de production des bio-énergies limité. Malheureusement, ces sources d'électricité sont intermittentes, tant pour l'éolien que pour le solaire, surtout sous nos latitudes. Ce problème majeur de l'intermittence sera discuté dans la quatrième partie. Le nucléaire, quant à lui, ne présente pas cette limitation. C'est pourquoi il sera aussi développé dans les pays qui maîtrisent cette technologie et dont les opinions publiques ne la rejettent pas massivement. C'est en particulier le cas de la Chine, de l'Inde, de la Russie et de pays du Moyen ou d'Extrême-Orient.

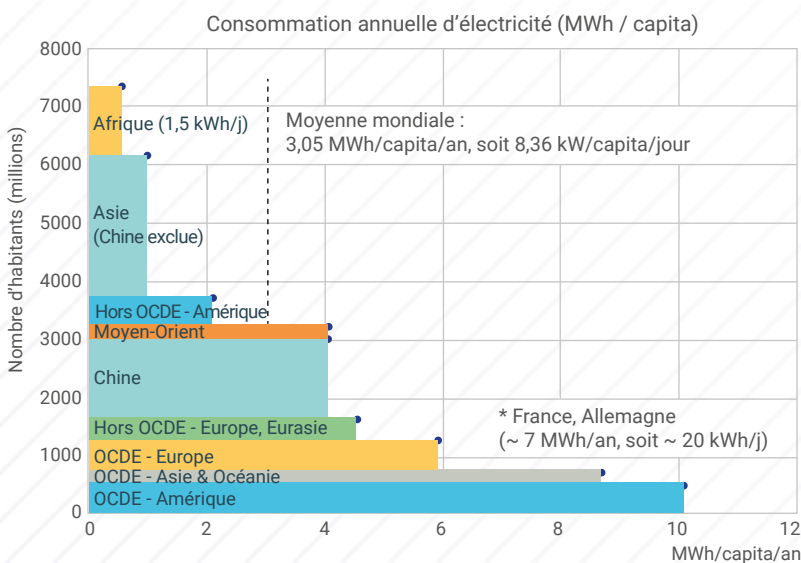
L'électricité peut être produite par des centrales thermiques (fossiles ou biomasse ou nucléaires), par les centrales hydrauliques, ou par les éoliennes et l'énergie solaire. Toutes ces technologies sont aujourd'hui matures, mais l'éolien et le solaire sont plus récents et connaissent un développement massif au niveau mondial. Cette deuxième partie leur est en grande partie dédiée.

Dans le cas du solaire, deux technologies sont disponibles : photovoltaïque et solaire à concentration. La première est plus facile à développer et moins onéreuse, la seconde présente l'avantage d'une moindre intermittence. Les deux solutions sont considérées dans les articles de Daniel Suchet & Jean-François Guillemoles, puis de Gilles Flamant.

L'énergie éolienne sera également discutée dans cette partie dans l'article de Joachim Peinke et André Fuchs, alors que pour le nucléaire qui a déjà fait l'objet d'un numéro spécial de *Reflets de la physique* [4], les éléments sur son futur possible sont abordés en partie 3.

Quant à la biomasse et ses usages énergétiques, une discussion de ses possibilités et de son réel impact sur la baisse des gaz à effet de serre mérite d'être abordée. En effet, en dépassant l'usage traditionnel pour la production de chaleur, c'est dans son utilisation optimisée au travers de procédés la mettant en œuvre de façon combinée avec l'électricité, soit pour la production de chaleur, soit pour la production de carburants de synthèse que réside son vrai potentiel. C'est pourquoi l'article de Guillaume Boissonnet lui est consacré en ouverture de cette deuxième partie.

Enfin, les centrales thermiques présentent l'inconvénient d'un faible rendement thermodynamique associé. On peut donc envisager de leur donner la double mission de production d'électricité et de chaleur. Cette dernière, au lieu d'être rejetée dans l'environnement, pourrait être utilisée à des fins de chauffage ou de besoins industriels. Ces techniques de cogénération, déjà développées dans certains pays, sont discutées dans la dernière contribution de Martin Leurent et Henri Safa. ■



1. Répartition par région du monde de la quantité annuelle d'électricité consommée par habitant (MWh, en abscisse). En ordonnée : nombres d'habitants. Les écarts de consommation de 1 à 20 sont appelés à se réduire. (Source : IEA 2015)



- 1• <https://cutt.ly/wikipedia-prod-electricite>
- 2• https://cutt.ly/conso_energ_mondiales
- 3• www.ecologie.gouv.fr/production-delelectricite
- 4• *Reflets de la physique*, 60 (décembre 2018).