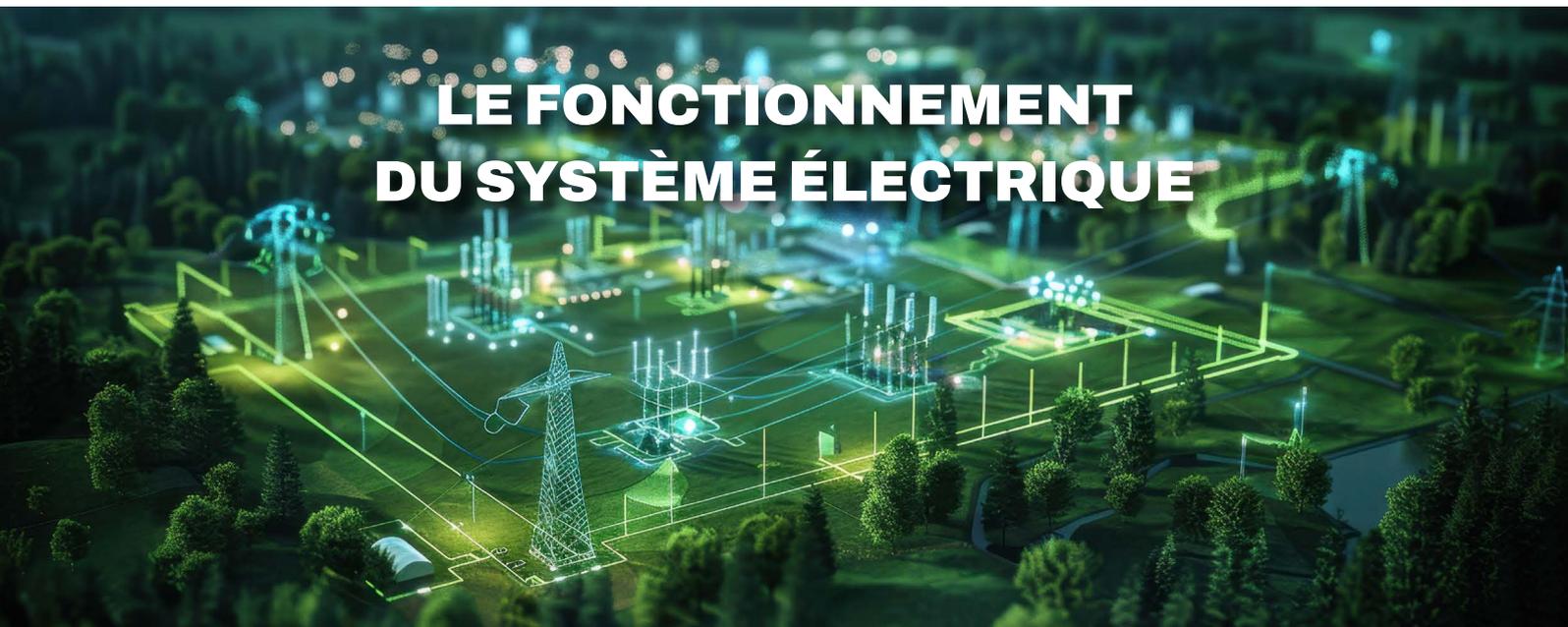


# LE FONCTIONNEMENT DU SYSTÈME ÉLECTRIQUE



## 1

### QUELLES SONT LES INFRASTRUCTURES QUI COMPOSENT LE SYSTÈME ÉLECTRIQUE ?

Différents moyens de production coexistent au sein du système électrique, chacun avec des caractéristiques différentes dont les principales sont les suivantes :

- **Moyens de production carbonés ou bas-carbone** : les centrales fonctionnant grâce à la combustion d'énergies fossiles (charbon, fioul et gaz) émettent des gaz à effet de serre lors de la production d'électricité, tandis que les moyens de production renouvelables (principalement l'hydraulique, l'éolien et le photovoltaïque) et nucléaire n'en émettent pas à l'usage<sup>1</sup>.
- **Moyens de production pilotables ou variables** : les centrales nucléaires, fossiles et hydrauliques avec stockage sont des moyens de production pilotables au sens où leur activation et leur variation de puissance peuvent être pilotées. À l'inverse, l'éolien, le photovoltaïque et l'hydraulique au fil de l'eau sont qualifiés de variables car leur production instantanée maximum dépend des conditions météorologiques (niveau de vent, d'ensoleillement ou débit d'eau)<sup>2</sup>. Sous réserve de l'installation de dispositifs de pilotage, ces moyens de production peuvent néanmoins moduler à la baisse l'électricité injectée dans le réseau.

<sup>1</sup> Les centrales émettent également des gaz à effet de serre lors de leurs autres phases de cycle de vie (construction et démantèlement). C'est la raison pour laquelle il est préférable d'utiliser le terme « bas-carbone » plutôt que « décarboné » pour qualifier les énergies renouvelables et le nucléaire.

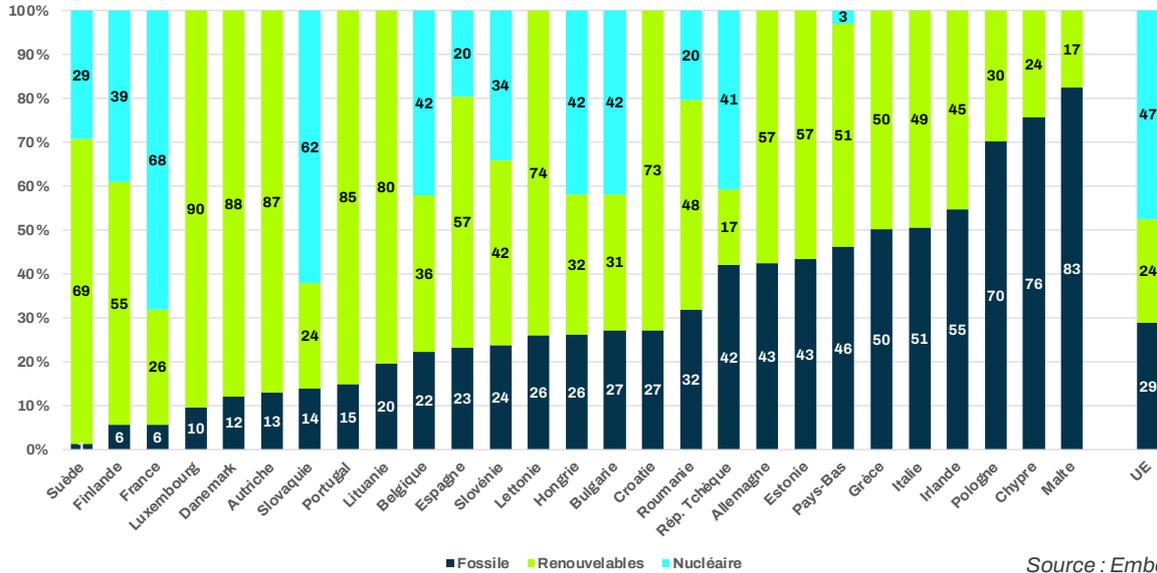
<sup>2</sup> Utiliser le mot « variable » plutôt qu'« intermittent » est préférable car ce dernier renvoie à un état binaire de production (tout ou rien, comme le fonctionnement d'un interrupteur), éloigné de la réalité physique de la production éolienne et photovoltaïque (qui croît ou décroît en fonction des conditions météorologiques, sans forcément atteindre zéro ou sa pleine puissance) et qui omet les progrès constant en terme de prévision de la production via l'analyse des données météo et la capacité de certains parcs à moduler leur production.



**La France se distingue par la part très élevée du nucléaire dans son mix électrique, représentant 67 % de sa production totale d'électricité en 2024.** Ainsi, en raison de la prédominance des sources de production bas-carbone (le nucléaire, l'hydraulique, et plus récemment l'éolien et le photovoltaïque, en

fort développement) et de la fermeture progressive des moyens les plus émetteurs (charbon et fioul), **le mix électrique français, avec une intensité carbone de 21 gCO<sub>2</sub>eq/KWh en 2024, est l'un des moins émetteurs d'Europe.**

Production électrique par pays de l'UE en 2024



Source : Ember

**Une fois produite, l'électricité est ensuite injectée dans le réseau électrique qui possède une architecture comparable au réseau routier :**

- **Le réseau de transport, composé des lignes à haute et très haute tensions, est comparable aux autoroutes et aux routes nationales.** Il sert à transporter l'électricité produite par des centrales de forte puissance sur de longues distances, jusqu'aux gros consommateurs et au réseau de distribution. **En France, le gestionnaire du réseau de transport d'électricité est RTE.**
- **Le réseau de distribution est composé de lignes à moyennes et basses tension, respectivement comparables aux routes départementales et aux routes communales.** Les premières répartissent l'électricité aux échelles régionale et départementale, tandis

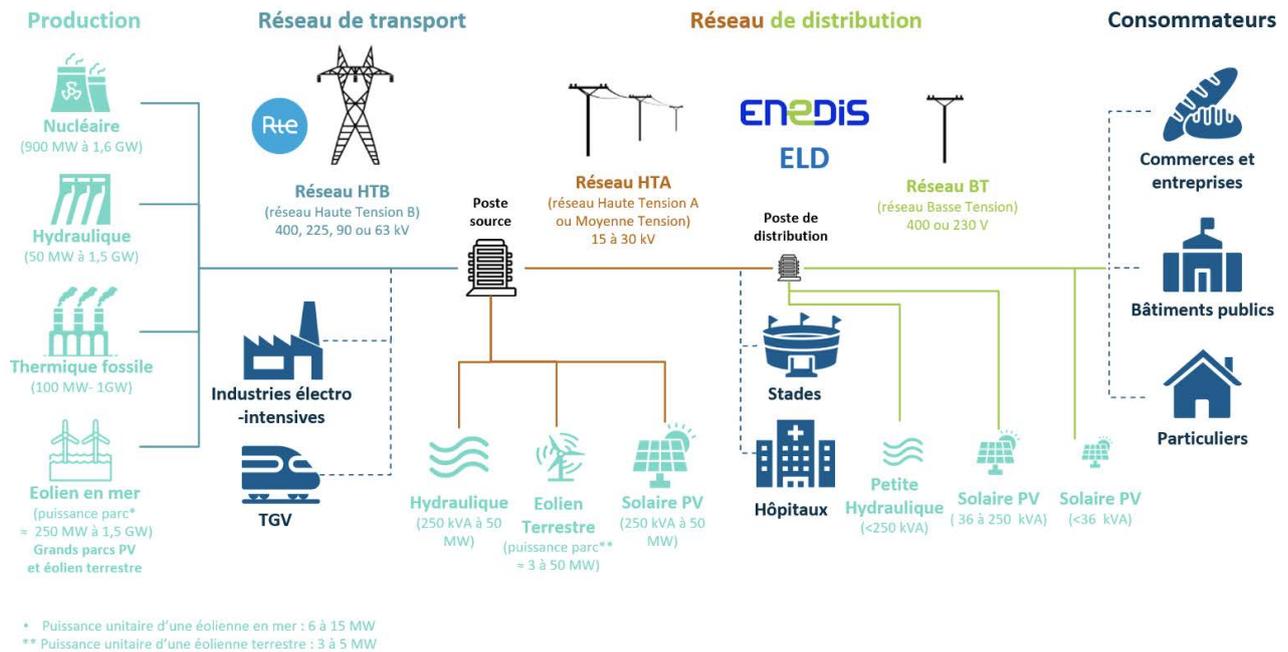
que les deuxièmes alimentent en électricité les ménages, bâtiments publics et entreprises. **En France, les gestionnaires du réseau de distribution d'électricité sont Enedis (sur 95 % du territoire) ainsi qu'une centaine d'entreprises locales de distribution (ELD).**

- Les postes sources et les postes de distribution jouent le rôle « d'échangeurs » en adaptant le niveau de tension pour passer d'un type de ligne à une autre.
- Une demande élevée en électricité peut causer des surcharges/coupures de courant si le réseau n'est pas suffisamment dimensionné de même qu'une circulation intense peut provoquer des embouteillages sur les routes.





## Représentation simplifiée du réseau électrique français



**Le volume d'électricité consommé varie à chaque instant** selon de multiples paramètres comme la température, l'ensoleillement ou bien encore l'intensité de l'activité économique. À l'échelle de l'Union européenne, l'évolution de la consommation d'électricité au sein d'une même journée diffère également d'un pays à l'autre du fait du décalage horaire, de conditions climatiques différentes ou bien encore de la diversité des pratiques culturelles<sup>3</sup>. Non seulement le besoin d'électricité est variable selon les moments de la journée, mais l'électricité est aujourd'hui difficilement stockable en grande quantité et sur un temps long. Par conséquent, **il est nécessaire d'ajuster production et consommation en continu pour maintenir l'équilibre du système électrique. Cet équilibre est assuré en temps réel par RTE.**

Historiquement, la forte part des moyens de productions pilotables a permis à l'offre d'électricité de s'adapter aux variations de la demande pour maintenir l'équilibre du système électrique. Bien qu'important pour assurer la décarbonation de l'économie européenne, le développement des énergies renouvelables variables complexifie de plus en plus cet équilibre. Le système électrique doit donc désormais également intégrer ces variations croissantes de production, non corrélées aux variations de consommation.

Dès lors, **les solutions de flexibilités**, telles que le pilotage de la demande (offres de fournitures dynamiques/horo-saisonnalisées, effacements...), les moyens de production bas-carbone pilotables, le stockage (stations de transfert d'énergie par pompage,

batteries, hydrogène...) et les interconnexions, **jouent un rôle croissant en permettant de s'adapter à la variabilité des modes de production et de consommation.**

**Les interconnexions permettent l'échange d'électricité entre pays : elles ont ainsi une dimension physique** (optimiser la gestion de l'équilibre du système électrique et améliorer la sécurité d'approvisionnement en permettant le soutien mutuel entre États) **et économique** (solliciter en priorité les moyens de production disponibles les plus compétitifs en Europe).

<sup>3</sup> Par exemple les horaires de repas ou les jours fériés.

<sup>4</sup> Le stockage de l'électricité peut ainsi se réaliser sous forme mécanique (les stations de transfert d'énergie par pompage, les volants d'inertie, le stockage par air comprimé), électrochimique (stockage par batteries), chimique (stockage par hydrogène), thermique (sous forme de chaleur emmagasinée dans des sels fondus ou des briques) ou électro-magnétique (stockage par supraconducteur).