

# Parc nucléaire français

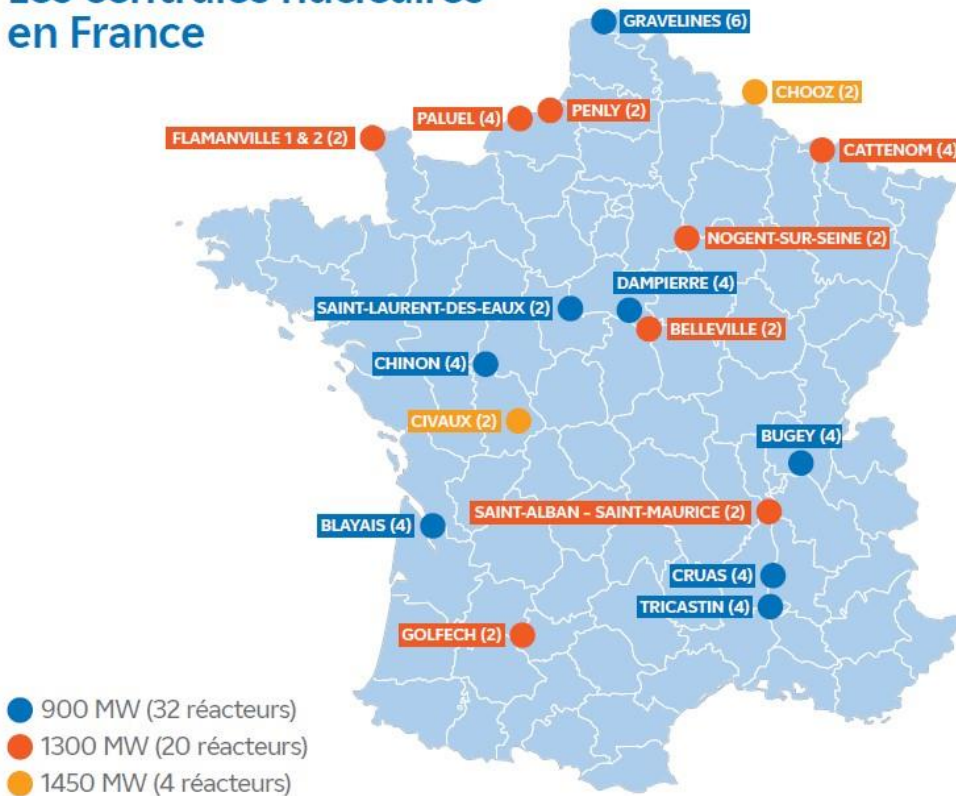
Connaissances des énergies

## Définition et catégories

Avec une capacité installée de près de 61,4 GW, le parc nucléaire français est le deuxième plus important parc au monde en puissance, derrière celui des États-Unis. En 2021, il a produit 360,7 TWh d'électricité, soit 69% de la production électrique totale en France métropolitaine. C'est 8% de plus qu'en 2020 (« malgré une faible disponibilité de réacteurs en fin d'année », note RTE) mais 5% de moins qu'en 2019

Le parc nucléaire français compte 56 réacteurs nucléaires en fonctionnement répartis sur 18 sites (centrales), suite à l'arrêt des 2 réacteurs de la centrale de Fessenheim en février et juin 2020 (14 réacteurs ont déjà été arrêtés dans le passé(1)). Une des particularités du parc est sa standardisation : tous les réacteurs nucléaires actuellement en fonctionnement sont des réacteurs à eau pressurisée (REP).

## Les centrales nucléaires en France



Répartition en France des réacteurs nucléaires.

## Fonctionnement technique ou scientifique

### Réacteurs en fonctionnement

Le parc nucléaire français en exploitation est composé de 56 réacteurs de la filière REP, dits réacteurs de « deuxième génération ».

La standardisation du parc français s'est organisée en paliers successifs. Ces paliers respectent les mêmes principes et la même architecture industrielle mais tiennent compte des leçons tirées de l'exploitation et optimisent la puissance des réacteurs.

C'est ainsi que les 56 tranches en service sont classés en 5 « paliers » :

**32 réacteurs de près de 900 MWe :**

- Palier CP0 : 4 réacteurs (4 dans le Bugey). Ce sont les plus anciens réacteurs en service, après la fermeture des réacteurs de Fessenheim ;
- Palier CPY : 28 réacteurs (centrales du Blayais, Dampierre-en-Burly, Gravelines, Tricastin, Chinon, Cruas-Meysses et Saint-Laurent-des-Eaux).

**20 réacteurs de près de 1 300 MWe :**

- Palier P4 : 8 réacteurs (centrales de Flamanville, Paluel et Saint-Alban) ;
- Palier P'4 : 12 réacteurs (centrales de Belleville, Cattenom, Golfech, Nogent-sur-Seine et Penly).

**4 réacteurs de près de 1 450 MWe**

- Palier N4 : 2 réacteurs à Chooz et 2 à Civaux, dont le dernier a été raccordé au réseau électrique fin 1999. Ce sont les réacteurs les plus récents.

Le palier CPY se distingue du palier CP0 par des améliorations mineures de divers circuits, ainsi que par un pilotage d'exploitation plus souple.

Les paliers P4 et P'4 se distinguent du palier CPY par la puissance du réacteur (accompagné d'un circuit primaire à 4 générateurs de vapeur). De plus, leur enceinte de confinement est composée d'une double paroi en béton, au lieu d'une seule doublée d'une peau d'étanchéité en acier pour le palier CPY.

Enfin, le palier N4 se différencie des paliers précédents par la conception de ses générateurs de vapeur et des pompes primaires ainsi que par l'utilisation dès l'origine de technologies numériques pour le pilotage des réacteurs.

## **Réacteur en construction**

Un réacteur de 1 650 MWe est en cours de construction à Flamanville : l'EPR, un réacteur évolutionnaire de « 3e génération ». Celui-ci bénéficiera d'un niveau de sûreté accru, comprenant plusieurs circuits de sûreté, 2 épaisseurs d'enceinte de confinement avec peau d'étanchéité, un système de récupération du corium en cas de fonte du cœur ainsi que des redondances accrues pour les systèmes de sécurité et de contrôle commande.

Le projet de l'EPR de Flamanville a connu de nombreuses difficultés (cuve, soudures, etc.). À fin octobre 2019, son budget a été réévalué à 12,4 milliards d'euros (contre 3,4 milliards d'euros à l'origine)

## **Réacteurs déclassés**

Au 1er juillet 2022, 14 réacteurs nucléaires ont été arrêtés :

- le 2 réacteurs de Fessenheim arrêtés en février et juin 2020 ;
- 9 réacteurs graphite-gaz (réacteurs de 1re génération) : ils ont été développés dans les années 1950 pour améliorer l'indépendance énergétique de la France ;

- 1 réacteur gaz-eau lourde (1<sup>re</sup> génération) : la centrale de Brennilis, en fonctionnement de 1967 à 1985, est la seule à avoir utilisé ce type de réacteur en France ;
- 2 réacteurs à neutrons rapides (réacteurs expérimentaux) : le premier est le réacteur de recherche Phénix, construit en 1968 et arrêté en 2009. Le deuxième est le réacteur Superphénix, mis en service en 1985 et arrêté en 1997.

## Enjeux par rapport à l'énergie

### Allongement de la durée d'exploitation et sûreté

Alors que les plus anciens réacteurs en fonctionnement dépassent leur **40<sup>e</sup> année** d'exploitation (les réacteurs Bugey 2 et 3 ont par exemple été connectés au réseau électrique en 1978), l'allongement de la durée d'exploitation des réacteurs est un enjeu économique majeur.

La réglementation française ne fixe pas de durée de vie maximale. EDF doit faire valider tous les 10 ans une autorisation d'exploitation, délivrée par l'ASN (Autorité de sûreté nucléaire) après une visite approfondie des installations. Les centrales ont été initialement conçues pour fonctionner au moins 30 ans et EDF a « émis en 2009 le souhait d'étendre la durée de fonctionnement de ses réacteurs significativement au-delà de 40 ans »(4).

Pour obtenir les autorisations de rallongement de durée de vie des réacteurs, EDF doit démontrer que le vieillissement des composants desdits réacteurs est prévisible et maîtrisé. Plusieurs mécanismes spécifiques au nucléaire tels que la fragilisation et le gonflement des aciers sous irradiation ainsi que la corrosion sous rayonnement ont fait et continuent à faire l'objet d'études. Une attention particulière est portée aux cuves des réacteurs, à l'étanchéité de la paroi en béton du bâtiment ainsi qu'à celle du circuit primaire caloporteur et modérateur.

Les enseignements de l'accident de Fukushima ont relancé le débat sur le vieillissement des centrales : suite à cet accident, l'ASN a demandé à EDF de faire évoluer la sûreté des anciens réacteurs pour la rapprocher de celle des EPR (évaluations complémentaires de sûreté)(5).

Le programme d'investissements visant à rendre possible l'exploitation des centrales nucléaires françaises au-delà de 40 ans est fréquemment qualifiée de « grand carénage » (pour un coût estimé en 2014 par EDF à environ 55 milliards d'euros).

### Sécurité énergétique

La grande majorité des 56 réacteurs en exploitation ont été mis en service en 15 ans seulement (1977-1992). EDF souligne que leur mise à l'arrêt pourrait donc intervenir dans un temps équivalent, avec pour conséquence potentielle une baisse drastique des capacités électriques en France, sauf construction de nouveaux réacteurs nucléaires (ou développement massif d'autres unités de production électrique avec d'autres

problématiques liées, notamment d'intermittence) ou rallongement de la durée d'exploitation des réacteurs actuels.

La loi énergie-climat a fixé comme objectif de porter à 50% la part de l'énergie nucléaire dans le mix de production électrique français à l'horizon 2035. Pour atteindre cet objectif, la PPE publiée en avril 2020 prévoit le cadre suivant

- il est prévu d'arrêter 14 réacteurs nucléaires d'ici à 2035 (en incluant les 2 tranches de la centrale de Fessenheim déjà arrêtées en février et juin 2020) ;
- il est fixé comme principe l'arrêt desdits réacteurs « à l'échéance de leur 5<sup>e</sup> visite décennale, soit des arrêts entre 2029 et 2035 ». Le gouvernement prévoit toutefois des exceptions à ce dernier principe afin de « lisser » le programme de fermetures (pour éviter l'arrêt de 2 réacteurs par an en moyenne entre 2030 et 2035) : il est demandé à EDF de prévoir « la fermeture de 2 réacteurs par anticipation des 5<sup>e</sup> visites décennales » en 2027-2028 (sauf si la sécurité d'approvisionnement est fragilisée par ces arrêts). Le gouvernement précise qu'il pourrait également demander à EDF « l'arrêt de deux réacteurs supplémentaires, en 2025-2026 » sous certaines conditions.

## Démantèlement

Le démantèlement des réacteurs arrêtés s'effectue sur une longue période (plus de 10 ans) et présente de nombreux enjeux pour EDF : les risques liés à la perte de mémoire de conception et d'exploitation des réacteurs, la coordination des travaux et la gestion des déchets radioactifs(6).

L'ASN préconise ainsi une stratégie de démantèlement immédiat dès la mise à l'arrêt d'un réacteur. Ce qui constitue une difficulté : la décroissance radioactive des matériaux irradiés n'ayant pas pu s'opérer, il convient de travailler en milieu radioactif avec beaucoup plus de protections.

## Acteurs majeurs

[EDF](#) a assuré l'architecture industrielle et la maîtrise d'ouvrage de toutes les centrales graphite-gaz et REP construites en France.

### Fournisseurs

- Orano et Framatome (ex-[Areva](#)) : conception et construction des réacteurs nucléaires (Framatome), activités d'[extraction minière de l'uranium](#), fabrication du [combustible nucléaire](#), approvisionnement des centrales en combustible (Orano).
- GE (ex-Alstom Power) : conception et construction de « l'îlot conventionnel » de chaque réacteur d'EDF, comprenant la turbine à vapeur, l'alternateur, [le condenseur](#), les séparateurs-surchauffeurs et les équipements qui assurent la transformation de la vapeur produite en [électricité](#).
- Les entreprises de BTP (Bouygues, Vinci) : fourniture des parties et des matériaux non-nucléaires des centrales (ciment, béton, tuyaux, etc.).

### Exploitants

- EDF : société anonyme à capitaux publics exploitant l'intégralité des 58 réacteurs nucléaires en France. EDF est présent sur l'ensemble des métiers de l'électricité.
- CEA : organisme public de recherche nucléaire et de développement exploitant des réacteurs expérimentaux (comme le projet Astrid dont l'arrêt a été annoncé en août 2019).

## Organismes de Contrôle

- Autorité de sûreté nucléaire (ASN) : autorité administrative indépendante de l'État qui assure la réglementation, le contrôle de la sécurité et de la sûreté des installations nucléaires en France (de recherche, de production électrique, de retraitement et de stockage des matières fissiles), ainsi que le contrôle des exploitants.
- Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN) : expert public en matière de risques nucléaires et radiologiques, effectue des mesures du niveau de la radioactivité.
- EDF : responsable de la maintenance des centrales et du réexamen régulier de la sûreté des installations. Ces examens donnent lieu à un rapport adressé à l'ASN et aux ministères compétents.

## Unités de mesure et chiffres clés

- Les réacteurs du parc nucléaire français sont en moyenne exploités depuis près de 35 ans, contre environ 30 ans au niveau mondial (à début décembre 2019)(7).
- Le taux d'indépendance énergétique (rapport entre la production et la consommation d'énergie primaire non corrigée des variations climatiques) de la France était estimé à 55,4% en 2018, « l'énergie nucléaire étant considérée comme produite domestiquement par convention statistique internationale »(8).
- Selon EDF, un réacteur de 900 MW produit en moyenne 500 GWh par mois(9).
- La loi de transition énergétique d'août 2015 a plafonné la capacité du parc nucléaire français à 63,2 GW.
- Près de 60,1% des déchets radioactifs répertoriés en France à fin 2020 par l'Andra proviennent du parc électronucléaire (contre 26,9% pour la recherche, 8,9% pour la défense, 3,4% pour l'industrie non nucléaire et 0,7% pour le secteur médical)

## Passé

En France, les premiers réacteurs nucléaires (dits de 1<sup>re</sup> génération) ont été construits dans les années 1950 et 1960. La centrale de Marcoule a été la première à être mise en service en 1956. Les 11 réacteurs de cette génération fonctionnaient à l'uranium naturel et faisaient partie des filières graphite-gaz, eau légère ou gaz-eau lourde. Ils sont aujourd'hui tous à l'arrêt.

L'installation du parc nucléaire français actuel a principalement eu lieu à la fin des années 1970 et dans les années 1980, en réponse au choc pétrolier de 1973. En 1974, afin de garantir une meilleure indépendance énergétique, le gouvernement a mis en place un vaste programme de construction de centrales nucléaires.

La deuxième génération de réacteurs a été lancée en 1977, avec l'installation des 58 réacteurs actuels en 25 ans. Le plus ancien réacteur REP en service est Bugey 2 (raccordé au réseau en mai 1978). Le dernier est le réacteur Civaux 2 (décembre 1999).

## **Zone de présence ou d'application**

Pour fonctionner, les centrales nucléaires ont besoin d'une source d'eau froide. Elles sont donc situées en bord de mer ou près de cours d'eau.

D'autres facteurs sont pris en compte tels que les conditions géologiques des sous-sols, les risques sismiques, la proximité d'autres installations industrielles à risques, ainsi que l'environnement général : risques d'inondations et de crues, densité du trafic aérien, etc. Les choix définitifs des sites se font en fonction des besoins en électricité des régions : plusieurs réacteurs sont situés dans la Vallée du Rhône à proximité des sites industriels de la région Rhône-Alpes, d'autres en Normandie et en bord de Loire près de la région parisienne.

Près de 60% de la production d'électricité nucléaire en France en 2018 provenait de seulement 3 grandes régions : l'Auvergne Rhône-Alpes, le Centre-Val de Loire et le Grand Est.

## **Présent et futur**

Afin d'assurer un éventuel renouvellement de son parc, EDF a misé sur une 3e génération de réacteurs, les EPR. Ces derniers sont dotés d'un meilleur rendement de production électrique (rendement de 37%, à comparer avec le rendement de 33% des REP actuels), d'une utilisation plus efficace du combustible (diminution de 17% de la consommation d'uranium enrichi par rapport aux réacteurs REP de 1 300 MW), d'une durée de vie prévue de 60 ans et d'un niveau de sûreté accru.

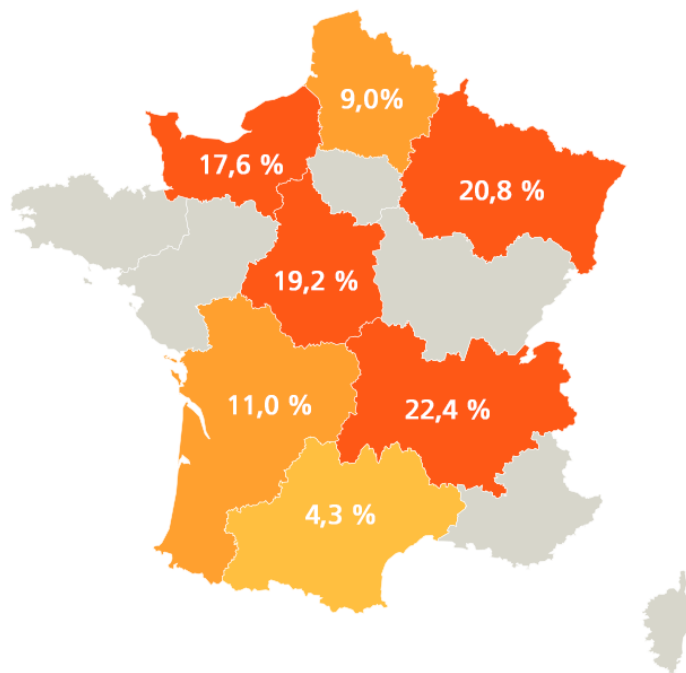
Le premier EPR en France est en cours de construction au sein de la centrale nucléaire de Flamanville mais sa mise en service a déjà été retardé à plusieurs reprises. Il a longtemps été envisagé que la mise en service de cet EPR compense l'arrêt de la centrale nucléaire de Fessenheim (2 réacteurs, de 1 840 MW de puissance cumulée). L'arrêt du site alsacien est finalement acté en amont de la mise en service de Flamanville 3.

Signalons que des recherches internationales en cours visent à développer à plus long terme des réacteurs nucléaires de 4e génération, qui constitueraient une rupture en matière de rendement, de longévité et de sûreté (à l'image du projet - arrêté - Astrid en France).

dernière modification le 01 juillet 2022

<https://www.connaissancedesenergies.org/fiche-pedagogique/parc-nucleaire-francais>

## **Production par région**



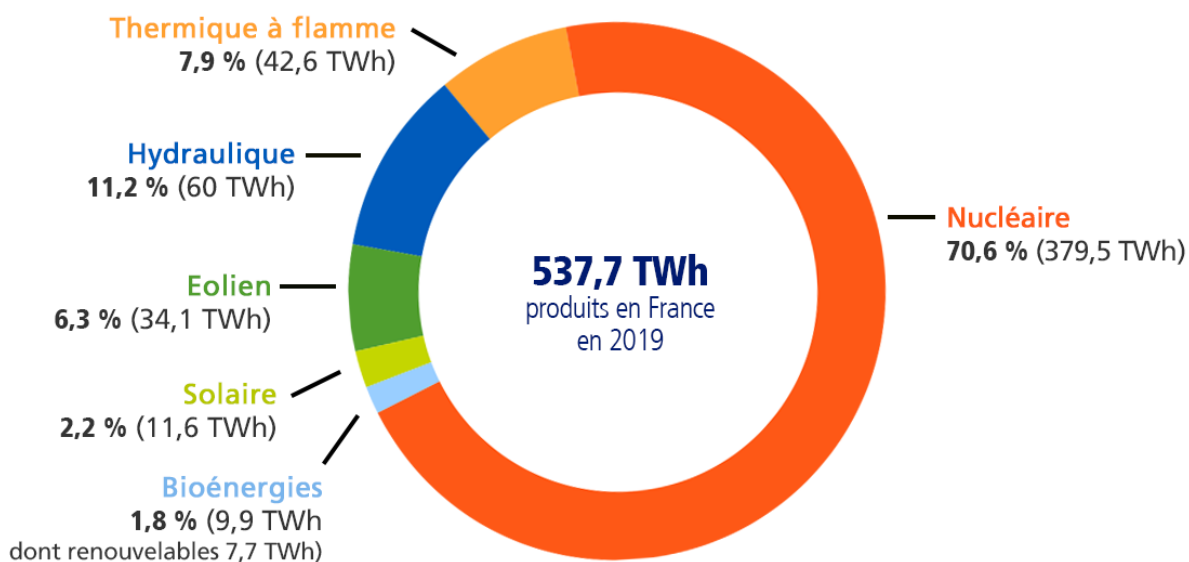
### Nucléaire : production par région en 2019

Source RTE - Bilan électrique 2019

© EDF

### Le nucléaire dans la production d'électricité française

En 2019, la production française d'électricité d'origine nucléaire représentait un total de 379,5 TWh. Un chiffre légèrement inférieur à celui de 2018.



### La production française d'électricité en 2019

Source RTE - bilan électrique 2019

© EDF