

Garantie de production et disponibilité du parc nucléaire de 2021 à 2030

Estimation de la production maximale possible du nucléaire de 2020 à 2023

Jean Fluchère

L'objet de cette étude est d'estimer l'impact des arrêts lié au « grand carénage » engagé par EDF sur les plus anciennes centrales, afin d'obtenir de l'Autorité de Sûreté une autorisation de la prolongation de leur exploitation de 40 à 50 ans puis, selon l'avis de PNC-France, à au moins 60 ans. Il n'intègre pas l'hypothèse retenue dans la PPE et la SNBC d'un arrêt de 4 tranches supplémentaires d'ici 2030, la capacité pilotable devenant insuffisante suite aux arrêts successifs de Fessenheim, des centrales à charbon et de moyens hyperpointe à fioul.

1. QUELQUES DÉFINITIONS

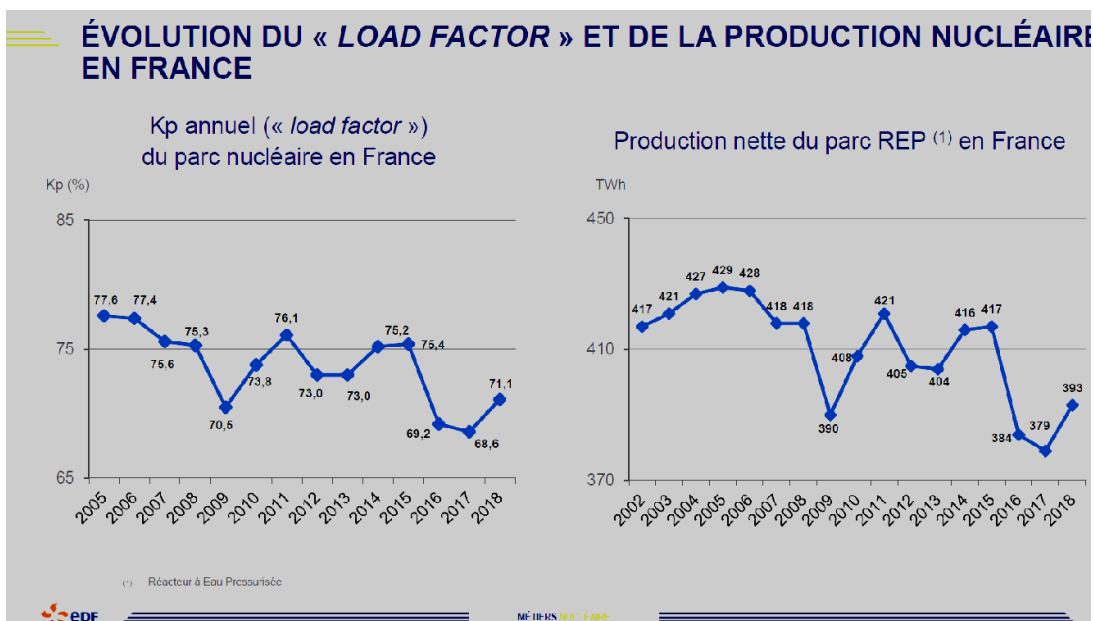
Le nucléaire ayant un rôle majeur dans le suivi de charge, rôle que n'ont pas les ENRi (énergies renouvelables intermittentes, éolien et solaire) sa disponibilité est cruciale. Elle est quantifiée essentiellement par trois coefficients, Kd, Ku et Kp, qui sont définis en détail en annexe.

La capacité de production Kp étant la plus utile pour juger de l'impact d'arrêts qui seront nettement plus longs pour cause de travaux. Ce coefficient est égal à la production réelle ramenée à celle qu'aurait le parc s'il fonctionnait à sa puissance nominale pendant les 8760 heures de l'année. Il est exprimé en % et est calculé sur la base de la production électrique réelle du parc, présentée chaque année par EDF et RTE.

2. HISTORIQUE DES PRODUCTIONS ANNUELLES DU PARC DEPUIS 2011

De **2011 à 2019**, le parc électronucléaire français historique avait une puissance installée de 63,2 GW, et sa production annuelle maximum possible était donc de **554 TWh**. Depuis, avec l'arrêt définitif de Fessenheim, elle a été réduite à **534 TWh**.

Compte-tenu des arrêts et des contraintes de suivi de la demande, comme on le voit ci-dessous, le Kp fluctue mais la production nucléaire reste stable à 10 % près, au niveau de 70/75 % (en comparaison : éolien terrestre 24 % et solaire 15 %).



Observations

- le maximum, en 2005 correspond à la fin du programme de démarrage des centrales,
- mais la désindustrialisation de la France est déjà perceptible et va se poursuivre,
- 2009 révèle la profondeur de la crise dite des « subprimes », seulement partiellement corrigée de 2011 à 2015,

- la production diminue progressivement en raison d'une éviction du nucléaire par les électricités intermittentes françaises et Allemandes, sans gain sur les émissions de CO₂,
- les consommations sont faibles depuis 4 ans en raison d'années exceptionnellement douces (effet de l'évolution du climat?),
- en 2016 des décisions d'arrêts qui ont touché 16 tranches (recherche de ségrégations de carbone dans le métal des générateurs de vapeur}. Cette décision a perturbé considérablement les programmes de rechargement et de visites décennales des réacteurs pendant au moins 3 ans, de 2016 à 2019,
- de nombreux évènements ont été gérés par EDF, liés à des événements spécifiques (séisme du Teil pour le 4 tranches de Cruas, contrôle suite à l'application de nouvelles normes au Blayais et Gravelines 5, renforcement des digues à Tricastin, ...). La tendance de l'ASN est désormais d'arrêter presque systématiquement les réacteurs le temps des contrôles, même sans qu'un risque avéré soit identifié. Les délais d'analyse par son support technique, l'IRSN, restent particulièrement longs,
- la doctrine de l'ASN d'application rétroactive des nouvelles réglementations conduit également à de nombreux contrôles lors des arrêts, qui se prolongent, voire à des travaux parfois complexes.

Le constat, comme le montre le tableau ci-dessous, est que le parc nucléaire, malgré toutes ces contraintes, conserve un taux de charge satisfaisant, avec un Kd réduit de 7 à 8 % seulement.

Année	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Production TWh	421	405	404	416	417	384	378	392	379	335
Kp en %	76	73	73	75	75	69	68	71	68	62
Kd en %	81	80	78	81	81	80	77	77	74	72

Depuis 2020 :

L'épidémie de coronavirus se traduit :

- par une baisse de la consommation de 2,8 %,
- par un ralentissement sévère des travaux lors des arrêts pour révision et rechargement, impact qui va se prolonger en 2021 et 2022 malgré les efforts réalisés par les CNPE.

Avec de plus l'arrêt des deux tranches de Fessenheim, la production nucléaire a baissé de 12 % entre 2019 et 2020.

3. IMPACT DES GRANDS CARÉNAGES SUR LA DISPONIBILITÉ DANS LES ANNÉES 2021-2030

Les grands carénages comprennent les modifications imposées par l'ASN dans le cadre du retour d'expérience post-Fukushima, ainsi que les modifications arrêtées d'un commun accord avec EDF pour porter la sûreté des unités à un niveau voisin de celui des unités de 3^{ème} génération, qui ne pouvaient être réalisées que dans le cadre des révisions décennales¹.

L'estimation de l'impact des travaux sur la disponibilité repose sur le retour d'expérience des grands carénages déjà exécutés, en supposant que la courbe d'apprentissage permettra des gains sur les durées d'arrêt. Les arrêts pourraient durer en moyenne 8,5 mois et le parc doit en réaliser 4 par an.

Il en résulte une indisponibilité moyenne supplémentaire de 5 %, avec pour les premières visites plutôt 7 % en 2021/2022.

La production devrait s'établir à environ 375 TWh en 2021 et 2022, puis se stabiliser au niveau environ 380/385 TWh les années suivantes pour le parc nucléaire historique hors EPR de

¹ Le 25 février 2021 L'ASN a indiqué considérer que l'ensemble des dispositions prévues par EDF et celles qu'elle prescrit ouvrent la perspective d'une poursuite de fonctionnement de ces réacteurs pour les dix ans qui suivent leur quatrième réexamen périodique. Les arrêts décennaux déjà réalisés n'intègrent pas encore certaines modifications qui font partie des engagements pris par EDF, et qui seront réalisées 4 ans après les visites décennales lors d'arrêts, qui seront plus longs.

Flamanville². Ces chiffres doivent être retenus avec prudence puisque dépendant du climat et de l'acquisition obligée des électricités intermittentes.

4. IMPACT DE LA CROISSANCE DES ENRi, DE L'ÉLECTRIFICATION DES USAGES

Dans les années à venir, les capacités intermittentes devraient croître rapidement, si la PPE est respectée, avec une baisse progressive du coefficient d'utilisation d'un parc nucléaire qui devra continuer à porter la garantie d'approvisionnement. Mais, dans le même temps, l'arrêt de capacités « fossiles » et l'interdiction de construction de centrales à gaz (hors Landivisau), et une électrification accélérée dans tous les secteurs devrait avoir un effet inverse, favorable à une fourniture pilotable.

5. IMPÉRIEUSE NÉCESSITÉ DE RECONSTITUER DES MARGES DE PUISSANCE PILOTABLE.

Comme nous avons pu le constater cet hiver 2020-2021, marqué par la douceur des températures, le parc de production électrique pilotable français ne dispose plus des marges suffisantes de puissance pour garantir l'alimentation sans failles du pays et une évolution comparable est inéluctable chez nos voisins³. C'est ainsi que RTE vient de s'inquiéter de l'éventualité, prévue dans la PPE, de l'arrêt de deux réacteurs en 2025 et 2026.

C'est—ce qu'a confirmé le Président de l'ASN, s'exprimant devant la Commission des Affaires Économiques du Sénat le 7 avril 2021, quand il a évoqué le fait que RTE devait réfléchir aux marges du système électrique, réduites de façon inquiétante. Il est revenu de nombreuses fois sur le fait que quelles que soient les solutions retenues pour la production d'électricité dans l'avenir, le système électrique aurait besoin de sources pilotables et qu'il fallait se décider maintenant et ne plus tergiverser. Ce faisant, il ne traitait que de la problématique nationale, l'évolution de nos voisins étant tout aussi inquiétante. Le cas de l'Allemagne est intéressant du fait que l'autorité responsable de l'équilibre du réseau a le pouvoir d'imposer la mise en réserve de centrales fossiles arrêtées, ce que ni RTE ni le gouvernement n'ont demandé.

CONCLUSIONS

Les quatrièmes visites décennales, accompagnées de l'ensemble des travaux de grand carénage, auront pour conséquence une perte de disponibilité moyenne du parc d'environ 5 % pendant la dizaine d'années à venir. Il faut y ajouter une perte supplémentaire de 2 % environ en 2021 et 2022 compte tenu de l'impact de la crise sanitaire.

Le maintien de marges de puissances pour assurer la stabilité des réseaux français et européen devient un enjeu majeur alors que les capacités pilotables s'effondrent avec l'arrêt des centrales à charbon et des moyens de production de pointe à fioul en France, mais aussi de centrales nucléaires ou de centrales anciennes à combustible fossile partout en Europe.

Parallèlement les scénarios prospectifs dessinant la situation en 2050 prévoient des croissances massives des usages d'une électricité décarbonée. C'est donc une période délicate qui s'annonce, notre pays ne disposant déjà plus de marges de capacité. RTE, comme PNC-France a déjà admis que l'arrêt de deux centrales nucléaires de plus en 2025/2027, comme prévu dans la Programmation pluriannuelle de l'énergie, serait très problématique, et PNC-France rappelle que l'arrêt de réacteurs supplémentaires d'ici 2035 serait totalement inopportune du point de vue climatique, en France comme en Europe.

² Flamanville 3 apportera environ 12 TWh par an à partir de 2023.

³ D'après France stratégie la capacité de la France et de ses 6 voisins devrait diminuer de 24 GW d'ici 2025 et de 58 GW d'ici 2030

ANNEXE

Les coefficients définissant la disponibilité des réacteurs

- **COEFFICIENT DE DISPONIBILITÉ - Kd :**

Ce coefficient est égal à la production réelle ramenée à celle qu'aurait le parc s'il fonctionnait à sa puissance nominale pendant les 8760 heures de l'année, soit $K_p = K_d \times K_u$. Il est exprimé en %. La production électrique réelle du parc, présentée chaque année par EDF et RTE permet de calculer ce coefficient.

- **COEFFICIENT D'UTILISATION PENDANT LA DISPONIBILITÉ – Ku :**

Ce coefficient donne le nombre d'heures pendant lequel le parc est utilisé à 100 % pendant sa disponibilité. Il est donné en %.

Il prend en compte notamment :

- les durées d'arrêt annuelles pour rechargement et révision,
- les durées d'arrêt pour des maintenances programmées pendant le fonctionnement, et pour des indisponibilités fortuites,
- les durées pendant lesquelles RTE programme une baisse de puissance pour avoir une réserve primaire ou secondaire afin de maintenir la stabilité du système électrique,
- les réductions de puissances lorsque les tranches sont placées en télé réglage à la demande de RTE afin de maintenir la fréquence du système électrique,
- les baisses de puissance opérées quand la puissance des moyens autres, renouvelables intermittents en particulier, évince la puissance nucléaire,
- les baisses de puissance lorsque certaines tranches sont en prolongation du cycle du combustible afin d'optimiser l'ensemble du planning des arrêts de tranches pour rechargement et révision.

Cette liste apporte la preuve du rôle essentiel du nucléaire pour garantir le fonctionnement de notre système électrique.

- **COEFFICIENT DE PRODUCTION – Kp :**

Ce coefficient est égal à la production réelle ramenée à celle qu'aurait le parc s'il fonctionnait à sa puissance nominale pendant les 8760 heures de l'année, soit $K_p = K_d \times K_u$. Il est exprimé en %. La production électrique réelle du parc, présentée chaque année par EDF et RTE permet de calculer ce coefficient.