



Calendriers de politique énergétique et de politique industrielle

(inclut les résultats d'une enquête BCG - septembre/octobre 2018 -
sur les compétences de la filière nucléaire française)

Consultation sur le projet de Programmation
pluriannuelle de l'énergie (PPE)

Editorial

Les exercices de prévision par définition difficiles le sont tout particulièrement lorsqu'il s'agit de bâtir des scénarios énergétiques sur plusieurs décennies. Pour autant, l'idée de la nécessaire contribution de l'énergie nucléaire s'impose. Elle est actée par les organisations internationales (OCDE-AIE, UE, GIEC) car elle a démontré qu'elle permettait de décarboner l'énergie et de lutter contre le réchauffement climatique. Elle constitue, par sa fiabilité, une réponse solide pour faire face aux incertitudes.

Sa filière nucléaire fait de la France un pays exemplaire en matière d'électricité bas carbone et de savoir-faire industriel. Grâce à l'énergie nucléaire, la France est le pays le moins émetteur de CO₂ des pays industrialisés du G7. Elle favorise l'indépendance énergétique, car elle diminue notre dépendance aux énergies fossiles importées (pétrole, gaz), – l'uranium étant abondant et bien réparti –, et garantit la sécurité d'approvisionnement électrique, car elle fonctionne à la demande, 24h/24 et 7j/7. Elle permet à la France d'avoir l'un des prix de l'électricité les plus bas d'Europe, contribuant au pouvoir d'achat des Français et à la compétitivité des entreprises.

La filière nucléaire est également structurante pour l'économie française : ses 2 600 entreprises (80 % de PME et de microentreprises) réparties dans toutes les régions, représentent 220 000 emplois, très qualifiés et non délocalisables. Mais son importance va au-delà : par sa technicité, elle développe des compétences industrielles utiles qui bénéficient aux autres secteurs industriels, et est un pilier pour l'industrie française dans son ensemble. Par ses embauches, ses investissements en formation (dont son engagement dans l'apprentissage), son exigence technique, la filière nucléaire essaime et contribue à l'effort de qualification national dans de nombreux métiers qui sont communs à plusieurs filières industrielles : mécanique, procédés, informatique industrielle, chimie-environnement, essais, électricité, robinetterie-chaudronnerie, matériaux et structure, génie civil. Elle constitue donc, par son importance industrielle globale, un levier de compétitivité et d'industrialisation des territoires.

Pour préserver ces atouts nationaux, des choix doivent être faits : la capacité de la filière à construire de nouveaux moyens de production nucléaire représente pour la France un enjeu stratégique. Car construire des réacteurs mobilise des capacités et des savoir-faire qui s'inscrivent dans le temps long. Avec l'EPR de Flamanville, la filière nucléaire française retrouve une capacité à construire des réacteurs. Sans continuité, cette capacité resterait fragile.

La question n'est plus de savoir s'il faudra de nouveaux réacteurs pour atteindre nos objectifs climatiques et garantir notre sécurité énergétique : ce débat-là est tranché. Ce qui importe désormais est de savoir comment optimiser, pour notre économie, la mobilisation de la filière nucléaire, face à des compétiteurs étrangers de plus en plus aguerris : il faut nous renforcer industriellement pour que la filière pèse de toute son utilité sur l'économie nationale.

Ce qu'indique l'enquête menée par le BCG pour la SFEN, c'est que les industriels de la filière nucléaire ont besoin d'avoir une visibilité pour se préparer et investir, et qu'il est indispensable de prendre au plus tard en 2021 une décision sur un programme de construction et son calendrier, pour qu'ils soient prêts à relever les défis sans perte de compétences ni de recul d'activités. Ne pas décider à cet horizon reviendrait à assumer la décision de perdre la solution nucléaire pour produire de l'électricité à la fois bas carbone et disponible à la demande à long terme.

À l'heure où le débat sur la dévitalisation des territoires se cristallise sur les difficultés de l'industrie française, et où plusieurs régions ont déjà exprimé publiquement leur volonté de participer au renouvellement du parc nucléaire en accueillant de nouveaux réacteurs, la filière nucléaire est prête à relever le défi : elle attend la décision qui lui permettra de mobiliser son tissu d'entreprises et de contribuer à l'activité industrielle de notre pays.

Valérie Faudon
Déléguée générale de la SFEN

Introduction

Cette nouvelle note de la SFEN, qui précise les conditions d'un programme national de nouvelles constructions nucléaires pour 2030, s'inscrit dans un double contexte :

Le gouvernement a publié le 25 janvier 2019 un projet de Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) qui établit ses priorités en matière d'énergie dans les 10 années à venir, lequel sera soumis à un certain nombre de consultations formelles ainsi qu'à celles du public.

Le projet de PPE détermine une trajectoire de diversification pour atteindre une part de nucléaire à 50 % du mix électrique en 2035.

À long terme (horizon 2050), le projet rappelle que la priorité est l'atteinte de la neutralité carbone, qui suppose que le mix électrique national soit totalement décarboné.

En ce qui concerne les options technologiques de production d'électricité, le projet précise qu'il n'est pas possible à l'horizon 2035 « *de déterminer avec certitude les technologies les plus compétitives pour assurer notre mix électrique entre le nucléaire et les énergies renouvelables associées à du stockage et d'autres solutions de flexibilité* ».

Il précise que « *plusieurs scénarios seront expertisés, allant d'un scénario 100 % renouvelables à un scénario où le nucléaire reste durablement une source de production d'électricité intégrée dans le mix électrique pour des raisons de pilotage de la production et de compétitivité* », et qu'en raison de cette incertitude « *il est nécessaire de préserver une capacité de construction de nouveaux réacteurs nucléaires appuyés sur une technologie et des capacités industrielles nationales* ». Le projet de PPE met en place un programme de travail destiné à instruire, d'ici mi-2021, l'option de construire de nouveaux réacteurs nucléaires. Le projet précise que « *le Gouvernement conduira avec la filière d'ici 2021 un programme de travail permettant d'instruire, entre autres, l'option de construire de nouveaux réacteurs nucléaires* » et que, sur la base de ces éléments et de l'évolution du contexte énergétique, « *le Gouvernement se prononcera sur l'opportunité de lancer un programme de renouvellement des installations nucléaires* ».

Parallèlement, le ministre de la Transition écologique et solidaire, le ministre de l'Économie et des Finances et le président du Comité stratégique de la filière nucléaire (CSFN), ont signé le 28 janvier 2019 le premier « Contrat stratégique de la filière nucléaire ».

Ce contrat va permettre de décliner de façon concrète les orientations définies par la PPE en matière d'énergie nucléaire et de garantir à la filière la visibilité dont elle a besoin pour préserver le savoir-faire national et maintenir les compétences dans la filière.

En particulier, son premier axe « Emploi, compétences et formations » a pour objet de « *garantir les compétences et l'expertise nécessaires pour une filière nucléaire attractive, sûre et compétitive* ». Il précise que le maintien et le renouvellement des compétences de la filière « *constituent en effet une condition essentielle de sa pérennité, de sa capacité à exploiter l'outil industriel dans de bonnes conditions (notamment de sûreté), de sa capacité d'innovation et de développement futur* ».

Remarques préliminaires

Sur la nécessité d'un socle nucléaire en 2050

Même si des progrès techniques et économiques sont attendus à l'horizon 2030-2050, on ne connaît aujourd'hui ni la faisabilité, ni la robustesse, ni le coût, ni les limites exactes d'un système combinant exclusivement, et dans de très grandes quantités, des énergies renouvelables intermittentes, du stockage, du biogaz, et/ou des énergies fossiles avec captage, stockage du carbone (CCS).

À ce jour, les grandes institutions internationales (OCDE-AIE, UE, GIEC) estiment que toutes les technologies bas carbone, renouvelables, nucléaire et CCS, devront être mises en œuvre pour parvenir à une décarbonation en profondeur du secteur électrique à l'horizon 2050. On voit difficilement pourquoi il en serait autrement en France, qui est une référence mondiale pour l'utilisation et la maîtrise industrielle de cette technologie.

L'incertitude n'est donc pas de savoir si la France aura besoin d'un socle de production nucléaire en 2050, mais plutôt quelle sera la taille exacte de ce socle.

L'incertitude sur la part optimale du nucléaire à l'horizon 2050 est naturelle : le mix optimal sera fonction de facteurs complexes qui resteront difficiles à prévoir : la demande d'électricité, les performances techniques et économiques des différentes technologies, et les stratégies de nos voisins. Pour garantir sa sécurité d'approvisionnement en électricité bas carbone, la France doit mettre en place une stratégie solide, qui lui permette de résister à différents aléas.

Sur la question de la compétitivité des différents moyens de production à l'horizon 2030-2050

La question de la compétitivité de chaque moyen de production sera de plus en plus impactée par le prix du CO₂, et ne peut plus être posée de manière isolée : on devra tenir compte des interdépendances au sein du système électrique (% de sources non-pilotables, limites des moyens de stockage et des autres sources de flexibilité), et de la structure du marché de l'électricité.

Le nouveau nucléaire, un moyen bas carbone pilotable 24h/24, 7j/7 et de grande flexibilité (variation de 5 % de la puissance nominale possible/min), ne peut en effet être comparé sur la question des services qu'il rend au système qu'à d'autres moyens pilotables comme l'hydroélectricité, ou à des moyens fossiles (charbon, gaz) équipés de systèmes de capture et séquestration de carbone.

L'introduction des énergies renouvelables variables (éolien, solaire photovoltaïque) nécessite en effet de disposer de capacités de back-up et d'ajustement supplémentaires afin de garantir la qualité de l'électricité et l'équilibre offre-demande¹. Elle implique également un renforcement des réseaux électriques. Ces effets conduisent à des coûts supplémentaires pour le système électrique à intégrer lorsque l'on compare les coûts de production des différentes technologies. Une récente étude de l'OCDE montre ainsi que ces « coûts de système » augmentent de 7 €/MWh à près de 45 €/MWh lorsque la part des renouvelables variables augmente de 10 à 75 % du mix électrique².

Sur le choix de l'EPR comme modèle de réacteur pour le renouvellement du parc (voir RGN septembre/octobre 2018)

L'EPR est un réacteur de troisième génération conçu dès l'origine, entre autres, pour le renouvellement du parc nucléaire français : il s'inscrit dans la continuité des réacteurs existants et offre les meilleurs standards en termes de sûreté, ainsi que des performances économiques et environnementales améliorées en exploitation. Sa puissance permet de répondre, sur un nombre limité de sites, aux besoins en électricité d'un pays industriel de 67 millions d'habitants aujourd'hui, et plus demain. De manière pratique, ses caractéristiques sont adaptées aux sites nucléaires et à l'infrastructure de transmission de l'électricité existants.

Les premiers chantiers EPR ont fait face à des retards et à des dépassements des budgets initiaux. La SFEN a montré que cela a été le cas pour tous les chantiers de construction de premiers réacteurs de troisième génération dans le monde. Cette situation est fréquente dans la réalisation de grands projets d'infrastructures complexes (ex : le tunnel sous la Manche), et inhérente aux « têtes de série ». Cependant les pays qui sont restés dans une dynamique de construction continue de réacteurs, soit parce qu'ils ont étalé dans le temps leur programme d'équipement nucléaire (Chine, Corée), soit parce qu'ils ont commencé à renouveler une partie de leur parc (Russie), ont connu moins de retard que les pays qui avaient arrêté de construire, comme la France ou les États-Unis, et qui avaient donc perdu en compétences.

Pour l'EPR, une des difficultés est aujourd'hui en voie d'être surmontée : l'EPR de Taishan en Chine a fait son démarrage commercial en décembre 2018. Les chantiers EPR ont permis de revitaliser une chaîne industrielle française qui

¹ – La flexibilité de la demande contribue également à cet équilibre en fonction des incitations tarifaires

² – <https://www.oecd-nea.org/ndd/pubs/2019/7299-system-costs.pdf>

avait perdu en compétences depuis 15 ans sans nouvelle construction. La filière française s'est réorganisée et elle est aujourd'hui de nouveau en capacité de construire des nouveaux réacteurs nucléaires de troisième génération en France, en Europe et dans le reste du monde.

On peut donc dire que la France dispose aujourd'hui de l'option nucléaire, mais que par nature, maintenir cette option ouverte passe à moyen terme par le lancement de nouveaux chantiers sur le territoire national.

Sur la question du coût du nouveau nucléaire à l'horizon 2030-2050 et la nécessité du montage d'un programme industriel

La SFEN estime que l'objectif de 60 à 70 €/MWh annoncé par EDF pour le coût de production du nouveau nucléaire peut être atteint dans le cadre d'un programme industriel.

Dans sa note sur « Les coûts du nouveau nucléaire français », publiée en mars 2018, la SFEN montre qu'il existe plusieurs pistes pour réduire les coûts du nouveau nucléaire :

- **Les effets de série** : la SFEN a mis en évidence, sur la base du retour d'expérience du programme français, documenté par la Cour des comptes, que pour réduire les coûts de construction, il fallait construire les réacteurs par paire sur un même site, et s'engager sur la construction d'une série d'au moins trois paires.
- **L'innovation** : de nombreuses actions sont en cours pour mobiliser des gisements d'économie. Tout d'abord la conception d'un EPR simplifié (EPR2) permet, tout en gardant les mêmes exigences en matière de sûreté, de le rendre plus facile et économique à construire. Mais aussi, des initiatives permettant d'augmenter la performance de l'ingénierie, comme la signature d'un contrat important entre EDF, Dassault Systèmes et Capgemini en juin 2018, destiné à introduire dans l'industrie nucléaire les méthodes de « systems engineering » utilisées aujourd'hui avec succès dans l'aéronautique.
- **Le financement** : dans le cas du projet Hinkley Point C au Royaume-Uni, la Cour des comptes britannique a montré le potentiel de gain très important sur le coût du capital réalisable, via une meilleure répartition des risques entre les différentes parties prenantes. Par exemple, la rémunération du capital (après impôt) nécessaire passe de 9 % (valeur proche du taux retenu par EDF pour le projet) à 6 % quand le projet est assimilable à un investissement public au Royaume-Uni, ce qui entraîne une baisse d'un tiers du coût du kilowattheure pour le consommateur.

Si le nucléaire a de la valeur pour la collectivité, notamment comme infrastructure stratégique et moyen de production d'électricité bas carbone contribuant à notre sécurité énergétique, alors c'est au gouvernement de mettre en place ce qu'il faut pour que, vu de l'investisseur (qui peut être l'exploitant), les projets nucléaires soient attractifs. Parmi les principaux outils, l'État peut utiliser les

subventions, la réglementation, mais aussi le transfert de risques. En effet plus les risques sont élevés, plus la rémunération du capital demandée par l'investisseur augmente et pèse sur le coût total de l'investissement. Au titre de la neutralité technologique, l'Etat pourrait mettre en place des mesures pour que le taux de retour sur investissement retenu par EDF ou les autres investisseurs devienne le même pour le nucléaire et pour les énergies renouvelables (EnR). Il est aujourd'hui supérieur de deux à trois points. Rappelons aussi que le coût de financement pèse d'autant plus sur le coût complet du kWh que la durée de construction s'allonge (immobilisation du capital).

Sur ces bases, la SFEN considère que des gains de l'ordre de 30 % sont possibles sur les coûts de construction et jusqu'à 50 % sur les coûts financiers, par rapport aux premiers chantiers EPR.

Si les pouvoirs publics posent légitimement la question du coût du nouveau nucléaire, on voit que toutes les cartes ne sont pas dans les mains de la filière nucléaire, et que les pouvoirs publics eux-mêmes sont un acteur clef. Une réflexion reste à mener, et c'est l'objet de l'instruction engagée d'ici mi-2021, quant à l'étude du montage industriel et financier d'un programme en lien avec les pouvoirs publics afin de bénéficier pleinement de tous ces facteurs de réduction des coûts du nouveau nucléaire. Il s'agit de mettre en œuvre une approche programmatique visant à donner à l'ensemble de la chaîne industrielle, des grands acteurs aux PME, la visibilité et le cadencement nécessaires pour investir dans les chaînes de fabrication et les compétences, et pour bénéficier des effets de série dès les premières réalisations. Il s'agit aussi d'optimiser la répartition des rôles entre les pouvoirs publics commanditaires et les acteurs industriels qui seraient chargés de la réalisation.

Sur la nécessité d'un débat public associé à la construction de nouveaux moyens nucléaires

L'instruction d'une décision sur un futur programme de constructions nucléaires s'accompagne nécessairement d'un processus participatif.

Le débat public sur la question de la construction de nouvelles centrales nucléaires a déjà commencé, lors du débat public sur la PPE organisé sous l'égide de la CNDP au printemps 2018, à la demande du ministère de la Transition écologique et solidaire. Dans le compte rendu du débat, la Commission précise que près de 50 000 personnes ont contribué sur le site internet dédié et que l'énergie nucléaire a été la deuxième thématique la plus abordée au cours des échanges. Le processus de publication du décret de la PPE inclut quant à lui une phase de concertation en ligne sur le site du ministère de la Transition écologique et solidaire.

Dans la suite du processus, la concertation autour du nucléaire a vocation à se poursuivre, selon la législation en vigueur. Ainsi la loi indique que la CNDP est

saisie au niveau national de tous les projets d'aménagement ou d'équipement de grande importance physique et financière, et c'est le cas bien sûr des nouvelles infrastructures de production nucléaire.

Au-delà du débat et des enjeux nationaux, il importera de prendre en compte les candidatures des territoires. Il faut noter par exemple que les deux régions Hauts-de-France³ en juin 2018, et Normandie⁴ en mars 2019, par l'intermédiaire de leurs présidents, ont déjà présenté leur candidature pour accueillir des chantiers EPR.

3 – Nord Littoral, 29 juin 2018

4 – France 3, 1^{er} mars 2019

Objet de la note

La présente note a pour objet d'éclairer les risques liés au calendrier de décision du programme industriel de nouvelles constructions nucléaires et les enjeux associés, à la fois d'un point de vue de politique énergétique et de politique industrielle.

Pour cela, la SFEN s'est appuyée sur les compétences de sa section 8 « Économie et stratégie énergétique » et sur une étude réalisée par le Boston Consulting Group (BCG), qui a développé ces dernières années une connaissance des enjeux de compétences et de politique industrielle sur les grands chantiers nucléaires.

La note examine tour à tour le calendrier sous ses deux aspects indissociables :

- Le calendrier de politique énergétique : s'appuyant sur les scénarios du modèle PRIMES de la Commission européenne, la section Economie et stratégie énergétique de la SFEN a approfondi la question des dates prévisionnelles de mise en service des constructions neuves et des rétroplannings associés aux chantiers.
- Le calendrier de politique industrielle : pour ce faire, la SFEN a demandé au BCG de réaliser une étude auprès d'industriels de la filière impliqués dans les chantiers de constructions neuves, avec deux phases :
 - Une série d'entretiens réalisés entre août et octobre 2018 auprès de dirigeants de 16 entreprises de la filière nucléaire française. Combinées, ces 16 entreprises représentent plus de 5 milliards d'euros de chiffre d'affaires et plus de 30 000 emplois (dans la part de leur activité dédiée au nucléaire spécifiquement).
 - Un sondage quantitatif auprès d'un panel plus large d'acteurs de la filière nucléaire française, réalisé entre le 21 septembre et le 5 novembre 2018. Au total, le sondage a permis de recueillir les réponses de 109 dirigeants, représentant 79 entreprises de la filière nucléaire française et plus de 90 000 emplois dans le nucléaire.

Résumé pour décideurs

La présente note détaille les éléments suivants :

1. Le calendrier de politique énergétique

- Les scénarios de décarbonation européens (scénarios EUCO30 du modèle PRIMES) montrent une montée en puissance des énergies renouvelables en France à l'horizon 2050 et confirment en même temps un socle nucléaire de l'ordre de 35-40 GW. Pour garantir ce socle, la France devra être prête à construire de manière étalée et cadencée entre 3 et 4 paires par décennie, entre 2030 et 2050. Les mêmes scénarios montrent qu'il est possible

de conjuguer à la fois la réduction de la part du nucléaire, la croissance des énergies renouvelables et le renouvellement du parc nucléaire à l'horizon 2030-2035. Cette période 2030-2035 est par ailleurs, dans la trajectoire de décarbonation, une période pivot où le rythme nécessaire d'électrification des usages n'est plus compensé par les gains en efficacité énergétique.

- Si, dans les années qui viennent, la sécurité d'approvisionnement française sera assurée par la prolongation à 50 ou 60 ans des tranches existantes, à l'horizon 2040, la France peut être confrontée à un important effet falaise, lié au calendrier historique extrêmement rapide de construction des tranches dans les années 1980. La période 2030-2035, déjà susceptible d'être une période pivot en matière de consommation électrique, est aussi une période pivot en matière de capacité disponible. Le projet de PPE, qui présente une trajectoire de réduction de la part du nucléaire à 50 % du mix électrique, prévoit en effet la mise à l'arrêt définitif à partir de 2027, et potentiellement dès 2025, de 12 réacteurs de 900 MW avant 2035. Post 2035, d'autres anticipations d'arrêts seront rendues nécessaires par l'effet falaise. Il faut prévoir cette dynamique du parc en préparant la mise en service de nouveaux moyens de production nucléaires dès le début de la décennie 2030.
- Enfin, la France doit anticiper les étapes réglementaires et les temps nécessaires pour la construction des premiers nouveaux moyens nucléaires : il pourrait falloir jusqu'à une quinzaine d'années, entre le moment où la décision sera prise et la mise en service du premier réacteur. De nouvelles dispositions réglementaires en 2016 concernant l'aménagement du site ont allongé ainsi, par exemple, de 4 à 5 ans la durée entre la décision et le premier béton. On voit que, pour la mise en service d'un premier réacteur en 2035, la décision devrait être prise au plus tard en 2021.

2. Le calendrier de politique industrielle

- Pour rappel, les nouvelles constructions nécessitent que des compétences spécifiques soient disponibles selon un calendrier spécifique. La filière nucléaire demande ainsi des exigences très strictes, notamment en assurance qualité et en pureté des matériaux : la totalité de la chaîne industrielle, systèmes, services et composants, doit être qualifiée au niveau « qualité nucléaire ». Les différents corps de métiers interviennent sur un chantier de nouveaux réacteurs en fonction des phases d'avancement. La bonne gestion et le développement des compétences nécessitent que, dans le cadre d'un programme, les chantiers soient organisés selon un cadencement spécifique. Si la disponibilité des compétences devient un facteur structurant pour le calendrier industriel, a contrario l'organisation du calendrier industriel est clef pour garantir la disponibilité des compétences :
- Grâce à Flamanville, la filière a reconstitué des compétences, mais elles restent fragiles. Alors que le chantier se termine, l'étude réalisée pour la SFEN par le BCG montre que la filière met en place des stratégies de court terme : néanmoins 40 % des personnes interrogées relatent qu'elles sont en dessous ou en limite du seuil d'activité souhaitable. D'ici 3 ans, sans nouvelle

visibilité, la filière sera de nouveau en situation de perdre ses compétences sur les constructions neuves : au-delà des pures compétences techniques, les personnes interrogées soulignent l'enjeu de maintenir dans la durée la culture de sûreté.

- L'absence de visibilité au-delà de 5 ans fait peser de grosses menaces sur la filière nucléaire française, à la fois au niveau de ses compétences et de ses perspectives à l'exportation. La filière souffre déjà, au même titre que tous les autres secteurs industriels en France, du manque de personnels formés dans les métiers techniques. Sans projet d'avenir, la filière ne sera pas en situation, face aux autres secteurs, d'attirer les talents dont elle aura besoin. Sans projet domestique, elle risque enfin de perdre sa crédibilité sur les marchés internationaux.

Conclusion

Pour atteindre ses objectifs de décarbonation en 2050, la France aura besoin d'un socle nucléaire. Elle devra sans tarder lancer un programme de construction de nouveaux réacteurs nucléaires, pour renouveler une partie de son parc existant. La note fait apparaître que :

- Une décision d'engagement est nécessaire au plus tard courant 2021 afin de satisfaire à la fois aux exigences du calendrier énergétique, en termes de sécurité d'approvisionnement, de calendrier industriel, mais aussi de compétences du tissu industriel nucléaire français.
- Un tel engagement doit être suffisamment ferme pour permettre aux industriels d'investir et d'engager les ressources nécessaires, en particulier en matière de recrutements et de formations, et d'être en capacité de construire aux échéances requises, et avec le niveau de performance attendu.
- L'engagement doit porter sur la construction de trois paires de réacteurs à minima, avec un cadencement optimisé, afin de bénéficier pleinement des effets de série attendus en termes de compétitivité et garantir au pays un approvisionnement bas carbone, bon marché, dans la durée.