

# Le nucléaire au service de la réindustrialisation de la France

Par Hubert VIRLET

Directeur de projets au sein du service de l'Industrie de la direction générale des Entreprises

La France est confrontée à une croissance massive de ses besoins en production d'électricité stable et compétitive pour répondre au double défi de la décarbonation et de la réindustrialisation. Le nucléaire est un atout stratégique dans ce contexte, avec une régulation du prix de l'électricité permettant aux consommateurs d'en tirer les bénéfices. La relance du nucléaire est par ailleurs en elle-même une opportunité industrielle pour le pays, qu'il s'agisse du programme EPR2 ou encore des développements des réacteurs innovants.

## Le nucléaire au service de la réindustrialisation

### Un besoin massif d'électricité pour réussir la réindustrialisation dans le contexte de décarbonation

Après de nombreuses années de désindustrialisation, les pouvoirs publics se sont clairement prononcés pour une stratégie de reconquête industrielle. À l'occasion de l'événement « accélérer notre réindustrialisation », le président de la République a rappelé en mai 2023 qu'il s'agit d'un enjeu de souveraineté dans un contexte de triple accélération climatique, technologique et géopolitique.

Cette réindustrialisation ne pourra avoir lieu qu'en décarbonant et électrifiant massivement l'industrie. L'Europe vise en effet à atteindre la neutralité carbone en 2050, objectif traduit dans la loi énergie-climat du 8 novembre 2019. Or, l'industrie représente 18 % des émissions de gaz à effet de serre en 2022 (Citepa, 2023). Dans ce contexte, le Gouvernement a fixé un objectif de division par deux des émissions industrielles pour la prochaine décennie et a mis en place une planification pour accélérer la décarbonation des sites industriels. Plusieurs vecteurs sont mobilisés. L'efficacité énergétique est une composante-clé de cette transition. D'autres leviers consistent en l'usage de la biomasse pour les très hautes températures de combustion ou dans la chimie, ou encore la capture, stockage ou utilisation du carbone. Mais la stratégie de décarbonation de l'industrie repose en grande partie sur deux briques essentielles : l'électrification des procédés et l'utilisation d'hydrogène bas carbone, produit à partir d'électricité décarbonée.

L'électrification recouvre des projets très divers : électrification de la chaleur avec l'installation de fours élec-

triques, électrification des turbines et chaudières des vapocraqueurs. Un bon exemple est celui d'Arcelor-Mittal, pour lequel la Commission européenne a approuvé en juillet 2023 une aide de la France à hauteur de 850 millions d'euros pour décarboner partiellement la production d'acier à Dunkerque, en soutenant une usine de réduction directe et deux fours à arc électrique. Quant à l'hydrogène, il est typiquement utilisable en substitution au charbon ou au gaz naturel pour les procédés chimiques, et la France a fait le choix d'investir massivement dans cette filière, en prévoyant de consacrer 9 milliards d'euros à son soutien, comme en témoigne l'élaboration dès 2020 d'une stratégie nationale pour le développement de l'hydrogène décarboné et la participation au PIIEC (projet important d'intérêt européen commun) hydrogène avec 22 projets structurants français.

Réussir à la fois la décarbonation et la réindustrialisation nécessitera ainsi une croissance massive de la production d'électricité. Dans le cadre de Futurs Énergétiques 2050, RTE s'est livré à une estimation des besoins à horizon 2050 (RTE, 2021). La consommation d'électricité passerait de 475 TWh en 2019 à 645 TWh en 2050 dans le scénario de référence (+ 35 %), et 752 TWh dans le scénario de réindustrialisation profonde (+ 60 %), qui prévoit une part de l'industrie dans le PIB passant de 9,9 % en 2019 à 12,3 % en 2050. En particulier, la consommation d'électricité de l'industrie passerait de 113 à 239 TWh en 2050 et celle liée à la production d'hydrogène pourrait atteindre 87 TWh en 2050, dont une grande part pour l'industrie.

### Le nucléaire, atout stratégique pour la réindustrialisation

Face au défi de l'électrification et malgré les difficultés récentes liées à la corrosion sous contrainte, le

nucléaire représente un atout irremplaçable pour l'industrie. C'est en premier lieu grâce à son parc nucléaire que la France peut s'appuyer sur une production électrique décarbonée à hauteur d'environ 90 %, de sorte que localiser une activité industrielle en France fait baisser les émissions mondiales de CO<sub>2</sub> (Bourgeois, 2022). Le nucléaire ne subit pas les intermittences liées à l'ensoleillement et au vent et est par ailleurs pilotable. Il réduit par ailleurs nos dépendances à l'étranger : le coût de l'approvisionnement en uranium naturel ne représente qu'environ 5 % des coûts complets de l'électricité nucléaire (SFEN, 2022) et la densité énergétique de l'uranium permet à EDF de disposer de stocks intermédiaires permettant le fonctionnement du parc sur plusieurs années.

Les choix faits par la France au cours de la deuxième moitié du XX<sup>e</sup> siècle lui permettent de disposer d'une base installée de 61 GW de réacteurs nucléaires, à un coût de production récemment réévalué par la CRE selon sa méthodologie à 60,7 €<sub>2022</sub>/MWh pour la période 2026-2030. Dans ce contexte, le programme de 6 EPR2 annoncé en février 2022 par le président de la République (soit environ 10 GW), ainsi que les études pour 8 EPR2 additionnels, représente un enjeu clé pour la réindustrialisation du pays en complément du déploiement des énergies renouvelables (ENR). L'analyse de RTE a montré qu'un mix électrique conjuguant croissance des ENR et construction de nouveaux réacteurs devrait être le scénario le moins risqué et le moins coûteux pour la collectivité. La maîtrise des délais et des coûts de ce nouveau programme sera toutefois clé pour qu'il demeure un outil de compétitivité.

### Faire bénéficier l'économie de la compétitivité du nucléaire

Le nucléaire ne peut jouer son plein rôle d'atout pour l'économie française que si les consommateurs et en particulier les entreprises peuvent bénéficier de la compétitivité et de la stabilité des coûts qu'il apporte. En l'absence de mécanisme de régulation, les entreprises restent sujettes à deux types d'incertitude s'agissant du prix de l'électricité.

Il s'agit tout d'abord des mouvements de marché à court terme. Les analyses de la direction générale des Entreprises montrent que la hausse du prix du gaz et de l'électricité à la suite du déclenchement de la guerre en Ukraine a constitué un choc économique majeur pour l'industrie (DGE, 2023). Si les entreprises ont fait preuve de capacité d'adaptation et de résilience, certains secteurs ont été contraints de réduire leur production (métallurgie, papier/carton, chimie, fabrication de minéraux non métalliques), malgré le rôle d'amortisseur joué par l'ARENH et les aides mises en place par le Gouvernement (notamment les aides versées sur le fondement du décret n°2022-967 du 1<sup>er</sup> juillet 2022). Ce type de choc énergétique est porteur de risques pour les entreprises industrielles françaises, la répercussion totale des coûts énergétiques dans les prix de vente pouvant se traduire par une baisse des exportations. Le coût de l'électricité est aussi un enjeu de compétitivité structurelle et il fait partie des paramètres exa-

minés attentivement dans le lancement de nombreux grands projets industriels, qu'il s'agisse de nouvelles implantations ou d'investissement dans de nouveaux moyens de production, y compris pour la décarbonation. Le président de la République a ainsi pu déclarer en février 2022 : « Il n'y a pas de production industrielle stable s'il n'y a pas une énergie stable aux prix les plus compétitifs ».

L'économie française a jusqu'ici toujours pu tirer parti de la compétitivité et de la stabilité des coûts du parc nucléaire français. RTE constate qu'en raison de l'atout du parc nucléaire existant, le coût de l'électricité produite en France figure parmi les plus bas d'Europe, même sans subvention. La suppression des tarifs réglementés jaunes et verts pour les entreprises par la loi NOME de 2010 a été compensée par l'introduction du mécanisme de l'ARENH (accès régulé à l'électricité nucléaire historique), qui permet aux consommateurs d'avoir accès à un prix compétitif (42 €/MWh) à une partie du productible nucléaire mais prend fin en 2026. Le président de la République a ainsi souhaité en février 2022 qu'une nouvelle régulation de l'électricité nucléaire soit mise en œuvre, afin que les consommateurs puissent bénéficier de prix stables, proches des coûts de production. Ces travaux ont en particulier donné lieu à une consultation lancée en juillet dernier par le ministère de l'Économie, des Finances et de la Souveraineté industrielle et numérique sur les besoins de prix des entreprises industrielles pour leur approvisionnement en électricité à l'horizon 2035.

Ils s'inscrivent par ailleurs en pleine cohérence avec les initiatives européennes, la réforme du marché de l'électricité proposée par la Commission européenne en mars 2023 se donnant parmi ses objectifs la réduction de la dépendance des factures des consommateurs à la volatilité des prix des combustibles fossiles et plus généralement l'amélioration de la prévisibilité et de la stabilité des coûts de l'énergie pour stimuler la compétitivité industrielle<sup>1</sup>. L'accord trouvé en Conseil en octobre 2023 par les ministres de l'énergie marque une étape importante en vue de l'adoption du texte.

Au niveau national, l'État et EDF ont annoncé le 14 novembre 2023 un accord important. Celui-ci prévoit une régulation de l'ensemble du productible nucléaire, avec un prélèvement des revenus d'EDF au-delà d'un certain niveau de prix<sup>2</sup> et la redistribution des sommes prélevées à l'ensemble des consommateurs, mais aussi le développement des contrats de long terme permettant de donner plus de visibilité aux consommateurs.

<sup>1</sup> Sur le marché de l'électricité, voir aussi : [https://annales.org/re/2023/re\\_109\\_janvier\\_2023.html](https://annales.org/re/2023/re_109_janvier_2023.html)

<sup>2</sup> Le mécanisme, mis en consultation publique le 21 novembre 2023 par le Gouvernement, prévoit un premier seuil de prélèvement évalué à ce stade à 78 €<sub>2022</sub>/MWh avec un taux de prélèvement de 50 % du prix moyen de vente du productible nucléaire au-delà de ce niveau, et un second seuil de 110 €<sub>2022</sub>/MWh avec un taux de prélèvement de 90 % au-delà de ce niveau.

## La relance du nucléaire, un renouveau industriel

En sus de son impact sur le reste de l'économie, la relance du nucléaire est aussi en elle-même une pièce importante de la réindustrialisation du pays.

### Le programme de construction des EPR2, une opportunité industrielle

Troisième filière industrielle du pays, la filière nucléaire représente 220 000 emplois et 3 000 entreprises. Chiffrée à 52 Mds€<sub>2020</sub> à la suite de deux audits externes en 2019 et 2021, la construction de 6 EPR2 annoncée par le président de la République représente une opportunité majeure pour la filière et pour le pays.

On peut rappeler le constat de Pierre Messmer lorsque le Gouvernement a décidé en 1974 de l'accélération du programme nucléaire à la suite du choc pétrolier, constat que l'enjeu actuel de décarbonation ne fait que renforcer : « Notre grande chance c'est l'énergie électrique d'origine nucléaire parce que nous avons une bonne expérience dans tout cela ». La maîtrise par la France de la chaîne de valeur du nucléaire lui donne à la fois les clés pour la réalisation d'un programme ambitieux mais permettra aussi que celui-ci ait des retombées fortes pour notre industrie.

Le rapport « Match » remis au Gouvernement en avril 2023 par le GIFEN prévoit ainsi une augmentation du volume d'activité de la filière de 25 % en 10 ans, avec une accélération à compter de 2027, qui devrait se traduire par 100 000 recrutements en équivalent temps plein (GIFEN, 2023). Cette dynamique sera bien répartie sur le territoire. Aujourd'hui, 9 des 13 régions métropolitaines comptent plus de 5 000 employés dans la filière et les perspectives de croissance de l'emploi sont positives pour chacune d'entre elles (EY, 2022). Les recrutements touchent des types d'emploi très variés, qu'il s'agisse d'ingénieurs, d'électriciens, de chaudronniers pour prendre des exemples parmi les 20 métiers en tension particulière au sein des 84 métiers identifiés dans le rapport de l'Université des métiers du nucléaire (UMN, 2023).

Les entreprises de la filière considèrent le programme comme une priorité stratégique, qui impliquera pour une partie importante d'entre elles une augmentation de la capacité de l'outil industriel et sa modernisation. Dès fin 2020, l'État a accompagné la modernisation de la filière dans le cadre du plan France Relance, avec en particulier un fonds de soutien aux investissements du secteur nucléaire et l'appel à projets « renforcement des compétences de la filière nucléaire », qui ont compté 136 projets lauréats et 150 M€ d'aides de l'État, bien répartis sur le territoire national, ou encore la mise en place du Fonds France nucléaire doté de 200 M€ (100 M€ de l'État et 100 M€ d'EDF). L'État continue d'ajuster ses leviers d'action sur la base des résultats les plus récents sur l'état de préparation de la filière.

Au-delà des retombées directes, le programme de construction de réacteurs sur le territoire national sera également un outil clé pour l'attractivité de la filière

française à l'international, dans un contexte de renouveau du nucléaire. L'Agence internationale de l'énergie prévoit ainsi une augmentation de la capacité nucléaire mondiale de 417 GW en 2022 à 620 GW en 2050 selon les annonces en vigueur des gouvernements et plus de 900 GW dans son scénario net-zero en 2050 (AIE, 2023).

La relance du nucléaire peut enfin avoir des effets d'entraînement plus larges sur le tissu industriel, alors que 80 % des entreprises de la filière nucléaire travaillent pour d'autres secteurs. L'attractivité d'un grand programme industriel ou les efforts de qualité mis en place dans ce cadre peuvent en effet bénéficier aux activités des entreprises sur leurs autres marchés.

### La France de retour dans la course aux réacteurs du futur

Au-delà du nouveau programme EPR2, le Gouvernement a souhaité soutenir les efforts d'innovation de la filière française, alors que le développement de nouvelles technologies de réacteurs fait l'objet d'efforts majeurs dans le monde, notamment aux États-Unis, en Chine ou au Royaume-Uni. Dans le cadre du plan France 2030 présenté en octobre 2021, le Gouvernement entend accompagner la filière nucléaire pour qu'elle continue d'investir massivement et durablement dans l'innovation, la maîtrise technologique étant gage d'indépendance nationale. Le Gouvernement souhaite en particulier faire émerger en France des réacteurs nucléaires de petite taille, innovants et avec une meilleure gestion des déchets, SMR (*small modular reactors*) ou AMR (*advanced modular reactors*).

C'est d'abord le soutien au projet de réacteur SMR NUWARD, pour lequel le Gouvernement a annoncé en juin 2023 un financement public significatif en soutien à la phase d'avant-projet détaillé ; mais c'est aussi le choix d'ouvrir le jeu de façon inédite, *via* un programme de trois appels à projets dont le premier a été ouvert de mars 2022 à juin 2023. Ce programme vise à soutenir la recherche et développement sur des projets en rupture, répondant à plusieurs objectifs tels que la compétitivité, l'amélioration de la sûreté, le déploiement d'applications non électrogènes ou encore la fermeture du cycle. Ces appels à projets, qui renouent avec l'exploration des différentes voies technologiques lors de l'après-guerre (Le Renard, 2017), permettront aussi de contribuer à la création d'un nouvel écosystème de *start-up* nucléaires et pourraient déboucher sur de nouvelles solutions de décarbonation de l'industrie, *via* les applications non-électrogènes.

Le précédent contrat stratégique de la filière nucléaire avait été signé en janvier 2019 alors que la programmation pluriannuelle de l'énergie prévoyait la fermeture de 14 réacteurs d'ici 2035, date à laquelle le nucléaire ne représenterait plus que 50 % du mix électrique. C'est ainsi dans un contexte bien différent, initié par le discours de Belfort du président de la République, que le prochain contrat stratégique de filière est en préparation entre la filière nucléaire et l'État, prenant en compte ce renouveau du nucléaire au service notamment de la réindustrialisation du pays, et de la conso-

lisation d'une filière d'excellence, innovante, attractive en termes d'emplois et au rendez-vous des enjeux clés qui l'attendent.

## Bibliographie

AGENCE INTERNATIONALE DE L'ÉNERGIE (2023), World Energy Outlook.

BOURGEOIS & MONTORNES (2022), « Produire en France plutôt qu'à l'étranger, quelles conséquences ? », *INSEE Analyses*, 89.

CITEPA (2023), « Gaz à effet de serre et polluants atmosphériques. Bilan des émissions en France de 1990 à 2002. Rapport Secten éd. 2023 ».

DIRECTION GÉNÉRALE DES ENTREPRISES (2023), « Quelle incidence de la hausse des prix de l'énergie sur l'industrie ? », *Les Thémas de la DGE*, 13.

EY (2022), « État des lieux des formations qualifiantes initiales et continues et cartographie des besoins en compétences, emplois et métiers dans le domaine nucléaire – Rapport final ».

GIFEN (2023), « Programme Match – L'outil de pilotage de l'adéquation besoins-ressources de la filière nucléaire pour être au rendez-vous de ses programmes – Note remise au Gouvernement ».

LE RENARD (2017), « Les débuts du programme électronucléaire français (1945-1974) : de l'exploratoire à l'industriel », *Hérodote*, 2017/2, pp. 53-66.

RTE (2021), « Futurs énergétiques 2050 – Principaux résultats – Résumé exécutif ».

SFEN (2022), « Combien coûte le nucléaire ? Économie du nucléaire dans le système électrique ».

UNIVERSITÉ DES MÉTIERS DU NUCLÉAIRE (2023), « Plan d'actions "compétences" de la filière nucléaire ».