



Michel Vakaloulis

Nouveau nucléaire et transition énergétique

Michel Vakaloulis, *Nouveau nucléaire et transition énergétique*, Paris, Presses des Mines, collection Énergie et développement durable, 2024.

© Presses des MINES - TRANSVALOR, 2024
60, boulevard Saint-Michel - 75272 Paris Cedex 06 - France
presses@minesparis.psl.eu
www.pressedesmines.com

ISBN: 978-2-38542-617-0
Dépôt légal: 2024
Achevé d'imprimer en 2024 (Paris)

Photo de couverture: © Pixabay

Cette publication a bénéficié du soutien de l'Institut Carnot M.I.N.E.S.

Tous droits de reproduction, de traduction, d'adaptation et d'exécution réservés pour tous les pays.

Nouveau nucléaire et transition énergétique

Michel Vakaloulis

Nouveau nucléaire et transition énergétique

Table des matières

AVANT-PROPOS	9
CHAPITRE I - LE NUCLÉAIRE ENTRE RÉSILIENCE ET RELANCE	13
Une mise à l'épreuve durable	13
Un atout national	16
La sécurisation de l'approvisionnement.....	18
Renforcer la sûreté nucléaire	19
L'enjeu climatique	22
CHAPITRE II - LEÇONS INDUSTRIELLES DE L'EPR DE FLAMANVILLE	25
Aux origines de l'EPR	25
À la recherche de l'excellence	28
Des déceptions multilatérales	29
«Tu veux ou tu veux pas»	31
Tenir le cap.....	32
De l'emballement à l'enlèvement	33
Un réacteur évolutionnaire.....	34
Une coopération affaiblie et sous tension	35
Des jalons inatteignables.....	36
Une navigation à vue.....	37
Un projet surdimensionné et unique	38
Un cadre réglementaire en pleine mutation.....	39
La dégradation du tissu industriel	39
À l'épreuve du travail.....	41
Une organisation lourde et éclatée	41
Le sceau de l'inachèvement	41
Une culture hybride.....	42
Le manque de ressources de terrain	44
Savoir prioriser	45
Gérer les compétences	46
Du côté de la sous-traitance	48
Démarrer ensemble	51
ONE Fla3.....	51
Entre lassitude et persévérance.....	52
Valoriser le retour d'expérience	53
Le pari de la persévérance	55

CHAPITRE III - LA NOUVELLE BATAILLE DU NUCLÉAIRE	57
Une crise peut en cacher une autre	57
Un moment charnière	58
Un climat social tendu	60
Le politique pris à défaut	61
Le nouveau nucléaire	63
Un chantier d'avenir	64
Le projet EPR2	64
La gouvernance en quête d'efficacité.....	67
Susciter l'adhésion.....	70
Entre controverse et acceptation	73
Quels choix de mix électrique?.....	76
La part du renouvelable	79
CHAPITRE IV - LA FAISABILITÉ À BRAS-LE-CORPS	83
Anticiper, préserver et développer les compétences	83
Les défis de l'attractivité.....	86
Une démarche proactive	89
Facteurs d'attractivité	93
Intégrer, fidéliser, féminiser.....	94
Entre numérisation et standardisation.....	96
Questions de financement	98
<i>Disempowerment</i>	99
Un financement d'État?	100
CHAPITRE V - CONSTRUIRE ENSEMBLE LE NUCLÉAIRE DE DEMAIN	103
Une externalisation accélérée	103
Partager le projet industriel.....	106
Tisser des liens de confiance	107
Développer la chaîne de l'offre.....	108
Une nouvelle culture contractuelle?.....	110
AU BOUT DE L'EFFORT OBSTINÉ	115
BIBLIOGRAPHIE	119
LISTE D'ENQUÊTÉS - ENTRETIENS SUR LE NOUVEAU NUCLÉAIRE (2021-2022)	121
Organisations syndicales.....	121
Dirigeants EDF	121
Dirigeants industriels - filière nucléaire.....	122
Acteurs institutionnels, élus et experts.....	122

Avant-propos

Les travaux que nous présentons ici au lecteur portent sur les conditions de faisabilité et d'acceptabilité sociale du nouveau nucléaire dans le cadre de la transition énergétique. Notre ouvrage dresse un bilan provisoire des préparatifs et des difficultés de la filière nucléaire et analyse les problématiques et les défis auxquels sont confrontés les acteurs pour consolider les capacités industrielles du nouveau nucléaire. Ses matériaux sont issus d'une enquête sociologique que nous avons menée au cours du premier semestre 2022 à l'initiative du Conseil social et économique central (CSEC) d'EDF SA. La démarche empirique de cette enquête s'est appuyée principalement sur la réalisation d'une soixantaine d'entretiens individuels approfondis, notamment avec des élus du personnel et des représentants syndicaux de l'énergie, des dirigeants d'EDF et des entreprises de la filière nucléaire, des élus locaux et des experts institutionnels.

Le programme du nouveau nucléaire est un immense défi lancé à l'égard des acteurs industriels de l'énergie, dont EDF, et des responsables politiques à tous les échelons. Les besoins en électricité étant avérés et les délais contraints, il est nécessaire qu'une nouvelle ère d'industrialisation s'ouvre en se basant sur la satisfaction des besoins présents et futurs. L'objectif est de redresser durablement une filière fragilisée qui constitue le socle du mix électrique en France. Cette perspective présuppose l'implication de l'Etat au plus haut niveau pour relancer un nouveau programme industriel en conférant à EDF les moyens de ses ambitions pour investir dans la transition bas carbone. Le rôle des pouvoirs publics est de donner des orientations politiques claires dans ce sens.

Cependant, l'état de choses est paradoxal. L'industrie nucléaire française a beaucoup souffert dans le sillage de la catastrophe de Fukushima survenue au Japon après le tsunami du 11 mars 2011. À l'absence de grands projets de construction de nouvelles centrales s'est rajouté l'accroissement notable de discours concentrés sur les risques industriels majeurs et prônant la « sortie » du nucléaire au lieu de tirer des conséquences pratiques pour accroître la sécurité du parc nucléaire. Cependant, le narratif antinucléaire aux accents souvent irrationnels s'estompe progressivement et se retourne complètement vers la fin de la décennie 2010.

Le premier chapitre aborde le contexte et les facteurs de ce basculement. Le potentiel énergétique pilotable du parc nucléaire constitue un avantage considérable pour la France. Ses fonctionnalités technologiques permettent d'assurer l'équilibre du réseau électrique en ajustant dans des proportions très

importantes sa puissance à tout moment. Dans un contexte de crises géopolitiques inédites, le nucléaire constitue aussi un atout considérable pour la sécurisation et le coût de l'approvisionnement énergétique du pays. Face à l'urgence climatique, sa capacité à garantir une production électrique bas carbone est précieuse et de plus en plus appréciée par l'opinion.

Le deuxième chapitre revient à l'origine des difficultés industrielles de l'EPR de Flamanville dont les surcoûts et les retards considérables ont durablement pesé sur les perspectives du nouveau nucléaire. Projet surdimensionné et unique qui se lance dans un contexte marqué par la dégradation du tissu industriel et le durcissement du cadre réglementaire de la filière nucléaire, il a traversé toutes les étapes du doute et du questionnement depuis le démarrage du chantier en 2007 jusqu'au raccordement au réseau fin 2024. Le retour sur expérience de cette grande aventure industrielle et humaine est d'une importance capitale pour la construction des futurs EPR2.

Le troisième chapitre explore les enjeux organisationnels et socio-politiques du nouveau nucléaire, en étroite liaison avec les problématiques de la transition énergétique. L'objectif de ce grand programme industriel, qui comprend dans une première phase la construction de six nouveaux réacteurs EPR2 ainsi que le projet de petit réacteur modulaire développé par la filiale d'EDF Nuward, est de répondre aux besoins croissants d'énergie décarbonée. L'acceptabilité sociale de ce programme se joue sur plusieurs niveaux et présuppose l'existence d'une gouvernance efficace et responsable, capable de mobiliser et de faire adhérer les salariés et toutes les parties prenantes du nouveau chantier nucléaire. La bataille sociale pour assurer une bonne infrastructure d'accueil, d'accompagnement et d'intégration des différentes catégories de travailleurs sur le terrain est constitutive de la réussite industrielle du nouveau nucléaire.

Le quatrième chapitre s'interroge sur les conditions de faisabilité du nouveau nucléaire sur les plans de la formation et du développement des compétences, de l'attractivité des métiers industriels et du financement de son programme. Le renforcement de l'expertise technique en matière de réalisation de projets, la professionnalisation de toute la chaîne des intervenants dans le cycle de production, la transformation numérique et la standardisation industrielle des équipements sont des enjeux stratégiques de la filière nucléaire. Pour améliorer l'attractivité du nucléaire qui souffre encore d'un déficit d'image, il est nécessaire d'adopter une démarche proactive en agissant sur plusieurs leviers et en multipliant les initiatives pour motiver et attirer la jeune génération. Quant au mode de financement du nouveau nucléaire, le rôle de l'État est fondamental pour baisser les frais financiers de l'investissement de long terme et garantir politiquement le renouvellement du parc nucléaire français.

Le dernier chapitre met en perspective la politique partenariale d'EDF dans les projets de construction du nouveau nucléaire. Force est de constater que le modèle de coopération industrielle qui a prévalu jusqu'ici sous la domination des Grands donneurs d'ordre (GDO)¹ nécessite une profonde réorientation. Il faut d'abord tisser des liens de confiance et apporter une visibilité aux fournisseurs et prestataires industriels de la filière nucléaire en tenant compte de leurs contraintes et de leurs besoins. Le développement de la chaîne de l'offre présuppose d'élaborer une politique partenariale de long terme qui intègre une démarche responsable de mieux disance. Le renforcement des critères techniques dans l'arbitrage final des appels d'offres est indispensable pour optimiser le travail en équipe et le co-apprentissage dans le respect des normes en vigueur. Finalement, le chantier du nouveau nucléaire représente un immense enjeu collaboratif, souvent truffé d'imprévus, d'incohérences ou de ruptures. Mais il n'existe pas de grande réussite industrielle sans grands obstacles à surmonter.

À l'achèvement de cet ouvrage, nous tenons à remercier vivement toutes les personnes qui ont contribué à la réalisation et au bon déroulement de l'enquête de terrain. Nos remerciements s'adressent particulièrement aux élus du CSEC d'EDF SA qui ont soutenu et informé ce projet d'étude. Enfin, nous exprimons notre profonde gratitude à celles et ceux qui se sont prêtés au jeu de l'entretien en nous restituant leur expérience professionnelle et leur témoignage personnel. Sans leur précieux apport, cet ouvrage n'aurait jamais pu voir le jour.

1. Les principaux donneurs d'ordre de la filière nucléaire sont EDF, CEA, Orano, Framatome et ANDRA.

Le nucléaire entre résilience et relance

Une mise à l'épreuve durable

Après une décennie où le nucléaire civil était dans le collimateur, qualifié d'énergie «passéiste», vouée au «déclin», voire «dangereuse», force est de constater que la filière nucléaire a fait preuve de résilience et de capacité d'adaptation dans la situation actuelle. Les reproches et les attaques ont été forts et récurrents, multifronts et multiformes. Il fallait décrédibiliser le nucléaire par tous les biais, à l'instar du risque d'accident de centrale ou de l'élimination des déchets radioactifs, pour affaiblir EDF et promouvoir l'implantation des énergies «alternatives» à coups d'exorbitantes subventions publiques et de généreuses incitations réglementaires.

Dans le contexte de crise post-Fukushima, la perception du nucléaire s'est dégradée considérablement. Le *bashing* des grands médias et l'absence d'un portage politique cohérent ont contribué à la délégitimation de l'image du nucléaire qui apparaissait comme un domaine d'activité «démodé». Au travers des discours inspirants dans les années 2010 sur la Nouvelle économie dématérialisée, truffés de recours compulsifs d'anglicismes, l'accent était mis sur les *start-up* dans le domaine du numérique plutôt que sur l'industrie électronucléaire réputée *has been*, dépourvue de capacité d'innovation². Quand on regarde l'affiche d'un ancien président de la République qui se faisait photographe pour sa première campagne présidentielle en 1965 avec fierté devant des pylônes électriques, symbole de la France moderne en transition, le contraste est saisissant.

Cette période de «traversée du désert» est d'autant plus singulière que la France, à la différence de l'Allemagne, n'a jamais connu une quelconque aversion pour le nucléaire qui représente dans l'imaginaire collectif une véritable fierté nationale, comme le TGV. Ultime étape de cette séquence décennale, le président Emmanuel Macron ferme définitivement la centrale nucléaire de Fessenheim en juin 2020 dans le sillage des engagements pris par François Hollande, lui-même très influencé par le rejet allemand du nucléaire qui s'est accéléré après l'accident survenu dans la centrale de Fukushima au Japon. De toute évidence, le pouvoir politique raisonne à ce moment dans l'hypothèse d'une énergie abondante, ou du moins suffisante pour éviter le spectre de la pénurie, faisant l'impasse sur les enjeux d'approvisionnement et les exigences de sécurisation du mix énergétique.

2. Cette affirmation est une totale méprise. À titre d'exemple, le système de contrôle-commande de l'EPR est doté des technologies numériques les plus avancées, en abandonnant le pilotage analogique câblé. Par ailleurs, comme nous le développerons plus loin, la transformation numérique est un enjeu fondamental du nouveau nucléaire.



Affiche de François Mitterrand lors de la campagne présidentielle de 1965

Toutefois, le vent commence à tourner au seuil de la décennie 2020. De nombreux indicateurs attestent un retournement de l'opinion publique, et surtout, du pouvoir politique en faveur du nucléaire. Plusieurs évolutions se conjuguent et interfèrent, à tel point que certains observateurs parlent d'un «retour» ou d'un «nouveau cycle» du nucléaire civil. Il n'est pourtant pas inutile de s'interroger sur l'ambiguïté de ce changement de posture politique. Il est plausible d'établir une feuille de route plus favorable au nucléaire, mais est-ce une orientation stratégique durable? Lorsqu'on voit la versatilité des décisions prises dans le cadre de la PPE³ qui semblaient gravées dans le marbre, prévoyant de réduire à 50% la part du nucléaire dans la production d'électricité et de fermer 14 réacteurs à l'horizon de 2035, la capacité à gérer un programme nucléaire de longue haleine sans en faire un objet de jeux partisans et d'enjeux électoraux demeure un sujet de

3. La Programmation pluriannuelle de l'énergie (PPE) est l'un des outils essentiels de la gouvernance énergétique permettant d'atteindre la neutralité carbone en 2050. Après une phase de consultation publique pour sa révision entamée en 2017, la PPE de la période 2019-2028 a été définitivement adoptée le 21 avril 2020.

préoccupation⁴. «*Si l'on veut vraiment réussir les projets du nouveau nucléaire, il faut sortir de ces revirements politiques*», prévient le directeur d'une centrale nucléaire.

Le basculement de la conjoncture résulte de plusieurs facteurs: sous-capacité de production d'électricité qui conforte les choix de sobriété, crise énergétique mondiale qui entraîne l'explosion des cours des énergies fossiles (gaz, pétrole) sur les marchés, mise en agenda public des objectifs climatiques qui relance le rôle du nucléaire dans la transition vers une économie bas carbone, la liste est loin d'être complète. L'invasion de l'Ukraine par la Russie en février 2022 aggrave singulièrement la situation et met en lumière la faillite de l'Europe du «marché concurrentiel» à sécuriser ses approvisionnements en énergie.

La première brique de la conversion est le rapport RTE (Réseau de transport d'électricité) sur les Futurs énergétiques 2050. Parmi les différents scénarios, le plus pertinent du point de vue technique et environnemental pour tenir l'engagement de neutralité carbone en 2050 et le moins onéreux est celui qui accorde une large part au nucléaire dans le mix électrique. Ce rapport est sans doute un exercice collectif de prospective, mais il incite à lancer de manière urgente de nouveaux projets de construction nucléaire pour redynamiser la filière et capitaliser les compétences et l'expérience chèrement et durement acquises de l'EPR (European Pressurized Reactor) de Flamanville.

Face aux inquiétantes tensions internationales concernant l'accès au gaz et aux hydrocarbures qui n'ont pas cessé de s'aggraver et aux perspectives d'électrification massive des usages pour respecter les engagements climatiques de la France, le

4. «L'objectif de 50% d'électricité d'origine nucléaire dans la production d'électricité en 2025 apparaît impossible à atteindre, sauf à risquer des ruptures dans l'approvisionnement électrique de la France ou à relancer la construction de centrales thermiques à flamme qui serait contraire à nos objectifs de lutte contre le changement climatique.

Le Gouvernement fixe donc comme objectif l'atteinte de 50% d'électricité d'origine nucléaire dans le mix en 2035. Une telle évolution est cohérente avec nos engagements climatiques: elle sera réalisée sans nouveau projet de centrales thermiques à combustibles fossiles, elle ne conduira pas à une augmentation des émissions de gaz à effet de serre de notre production électrique et est compatible avec la fermeture de l'ensemble de nos centrales à charbon d'ici à 2022. Elle est également cohérente avec les enjeux de maintien du cycle fermé du combustible et la pérennité des installations du cycle et permettra aux territoires et aux salariés de mieux se préparer, d'engager leur reconversion bien en amont et de structurer la filière de démantèlement. [...] Pour atteindre cet objectif de 50% de la production d'électricité en 2035, le Gouvernement fixe donc les orientations suivantes:

- 14 réacteurs nucléaires seront arrêtés d'ici 2035, dont ceux de la centrale de Fessenheim;
- EDF a proposé au Gouvernement d'étudier la mise à l'arrêt de paires de réacteurs sur les sites de Blayais, Bugey, Chinon, Cruas, Dampierre, Gravelines et Tricastin. [...]» (Ministère de la transition énergétique, La PPE 2019-2028, Synthèse de la PPE, p. 29).

recours au nucléaire comme énergie décarbonée s'avère incontournable⁵. D'une part, la géopolitique de l'énergie se révèle intrinsèquement instable et entraîne de spectaculaires et rapides renversements de situation. Les conséquences sur les économies et les populations sont massives et imprévisibles tandis que la diversification de l'approvisionnement et des sources énergétiques devient à nouveau un enjeu stratégique de pouvoir dans les affaires internationales.

D'autre part, le besoin urgent d'électrifier l'économie et les usages du quotidien est un autre changement majeur. À l'encontre du discours dominant qui prédisait, jusqu'à récemment, la stagnation de la consommation d'électricité sous l'effet conjugué de l'efficacité énergétique et des efforts de «sobriété», il est largement admis que la neutralité carbone présuppose un accroissement considérable de l'électrification des usages, des mobilités et des procédés industriels. Le principe de réalité a fini par rattraper toutes les extrapolations abusives sur la «sortie du nucléaire» à un horizon prévisible. La prise de conscience s'est opérée, graduellement mais résolument, que si l'on veut décarboner, l'électricité devra peser deux fois plus en ratio dans l'énergie consommée en France, passant de 25% aujourd'hui à 50% en 2050. En ce sens, l'adhésion au nucléaire n'est pas une conversion tardive, c'est plutôt le retour à une approche rationnelle et pragmatique. Voyons de plus près les déterminants de ce tournant.

Un atout national

Le nucléaire répond à des enjeux majeurs auxquels la France et l'Europe sont confrontées, à l'instar de la lutte contre le changement climatique ou de la défense de l'indépendance énergétique en lien avec la réindustrialisation des territoires. En tant que production nationale centralisée, il permet de garantir l'égalité territoriale d'accès à l'électricité. Il reste une solution technologique maîtrisée produisant de grandes quantités d'électricité, avec une régularité et une importante intensité énergétique. Il s'agit d'une énergie éprouvée et pilotable qui contraste avec l'intermittence et l'imprévisibilité des énergies renouvelables. Son utilisation de l'espace par unité de kilowattheure est très faible, ce qui représente un avantage considérable compte tenu des problèmes d'artificialisation des sols, mais également, des difficultés d'implantation de sites industriels. L'énergie nucléaire est aussi très économe en matériaux. Elle limite drastiquement l'utilisation de

5. «La logique consistant à renforcer la capacité de production d'électricité bas-carbone (logique additive "renouvelables + nucléaire") est celle qui présente le meilleur bilan climatique de court/moyen terme et donc celle qui est la plus à même de permettre l'atteinte des objectifs climatiques en 2030. *A contrario*, les scénarios prévoyant une substitution rapide des renouvelables au nucléaire réduisent le potentiel de production décarbonée. Ils ne permettent donc pas d'accompagner une stratégie d'accélération à l'horizon 2030, et ne sont compatibles avec l'objectif d'un maintien des émissions à leur niveau actuel que sous la double réserve que le rythme de développement des renouvelables soit effectivement très important, et que les leviers de sobriété (pas uniquement d'efficacité) soient activés.» (RTE, *Futurs énergétiques 2050. Principaux résultats*, octobre 2021, p. 56).

ressources minérales et de métaux stratégiques alors que les énergies affichées vertes sont excessivement consommatrices de terres rares, mais aussi de cuivre, de lithium, de cobalt, de nickel, de fer, d'aluminium, voire de béton⁶.

Un recentrage stratégique anticipé

«En 2017, nous avons pris la décision très structurante de vendre les 66% de notre activité qui n'était pas nucléaire. On a tout misé sur le nucléaire. Et pourquoi? C'était un choix stratégique. D'abord, parce que le climat a changé au sens littéral du terme. On est convaincu depuis le milieu des années 2010 que quand on regarde l'équation énergétique dans le monde, il est impossible de lutter contre le réchauffement climatique sans décarboner, sans faire beaucoup d'électricité, parce que les usages mutent sur l'électricité et que cela ne fonctionne que si l'électricité est verte. Et pour faire de l'électricité verte, cela ne peut pas fonctionner dans les grands pays qui sont les principaux pollueurs du monde uniquement avec des énergies transitoires.

Je rappelle à certains écologistes qu'on peut être particulièrement exemplaire en France en matière de rejets de carbone, mais les États-Unis et la Chine représentent ensemble environ 45% des émissions de gaz à effet de serre dans le monde. Et si vous rajoutez l'Inde, le Japon, l'Allemagne et la Russie, vous êtes à plus de 70% des émissions de gaz à effet de serre. On ne voit pas une solution pour produire de l'électricité verte en grande quantité sans le nucléaire. Le problème n'est pas tellement le développement du nucléaire dans le monde, en Tanzanie, au Kenya ou au Chili. La question la plus prégnante est le développement du nucléaire auprès des grands pays émetteurs de gaz à effet de serre que je viens de citer.

Pour expliquer le revirement de l'opinion publique en faveur du nucléaire, il faut tenir compte de la pression exercée par le réchauffement climatique. Quand les gens regardent les solutions, déjà, une partie comprend confusément que le nucléaire n'est pas le mal absolu, mais une énergie indispensable. En parallèle, quand on regardait en 2015 l'état du marché énergétique de la planète, il y avait autour du gaz et du pétrole une dimension géopolitique extrêmement risquée. Pour ces deux raisons, on a pris la décision de centrer notre activité sur le nucléaire. On était convaincu que structurellement, le nucléaire était une réponse aux problèmes énergétiques du moment. Il va sans dire que depuis la crise énergétique et le bouleversement de la géopolitique gazière ce choix est encore plus pertinent.»

(Stéphane Aubarbier, directeur des opérations d'Assystem, entretien réalisé par l'auteur)

6. L'impact environnemental et social de l'extraction de sable, matériau solide le plus extrait au monde et deuxième ressource planétaire la plus consommée après l'eau, est d'une importance majeure pour le développement durable. Certaines régions du monde sont littéralement dévastées pour obtenir du sable de qualité et des gravats qui servent à la fabrication de béton.

Mais on ne saurait parler du nucléaire sans évoquer la dimension socio-économique qui contribue à améliorer de plusieurs milliards d'euros le solde du commerce extérieur du pays. Parmi les aspects professionnels les plus positifs figure la possibilité de se projeter en matière de carrière au sein de la filière nucléaire sur le long terme. Non seulement il y a de l'emploi qualifié, disponible et non délocalisable pour les années à venir, mais il y en a partout sur le territoire.

L'autre point fort est l'engagement des équipes. Humainement, le nucléaire est un secteur très spécifique. Les salariés qui y travaillent ne s'y trouvent pas par hasard, ils persévèrent et s'y accrochent malgré les obstacles et les épreuves. *«Si vous ne supportez pas la critique, vous allez faire autre chose parce que vous en prenez plein la tête toute la journée, donc, la force essentielle est la dimension humaine, y compris les organisations syndicales»*, affirme le directeur général d'une grande entreprise de la filière.

Toutefois, mettre en valeur les mérites du nucléaire ne dispense pas de la responsabilité de traiter les enjeux de sûreté et l'ensemble des sujets qui interpellent et préoccupent le public. Et de le faire avec pragmatisme et clairvoyance, en expliquant que le nucléaire a ses atouts et ses points faibles, comme toute production énergétique, qu'elle soit solaire, éolienne ou fossile.

La sécurisation de l'approvisionnement

Une décennie après l'accident de Fukushima et ses conséquences, aussi bien émotionnelles et proprement industrielles, la conjoncture fournit l'occasion idéale de revisiter les défis de la souveraineté énergétique et d'explorer des options stratégiques pour la renforcer. Les temps sont rudes et la crise n'épargne personne. Nous vivons un moment très complexe de notre histoire, marqué par de profondes transformations et des dislocations de blocs dans le monde, à rebours des espoirs de détente et de sécurité suscités après la fin de la guerre froide. Certes, le mur de Berlin n'est plus là, mais il existe de nombreux murs ailleurs qui sont loin de s'effondrer. Ce qui se passe dans le marché de l'énergie est assez symptomatique de l'évolution des équilibres globaux, en particulier entre l'Occident et le reste du monde.

Avec la crise d'approvisionnement des énergies fossiles et l'explosion des prix du gaz, la question de la souveraineté énergétique est revenue à l'ordre du jour. La déstabilisation du système énergétique en Allemagne, consécutive à sa forte dépendance du gaz russe, est emblématique des risques de rupture d'approvisionnement dans un monde multipolaire en plein bouleversement. Cette évolution singulière permet d'entrevoir les dangers d'un découplage de deux sources d'énergie bas carbone, le renouvelable et le nucléaire qui, pourtant, sont complémentaires pour lutter contre le changement climatique. En fait, le modèle allemand de *l'Energiewende* (le tournant énergétique mis en place au début

des années 2000) souffre d'une production électrique largement carbonée et d'une surexposition face aux enjeux de la sécurité énergétique, notamment dans un contexte stratégique marqué par le retour de la guerre en Europe.

Malgré l'essor spectaculaire du secteur renouvelable, la forte demande de l'Allemagne en gaz pour compenser les sources intermittentes de son réseau électrique, accentuée par la faible diversification de son approvisionnement énergétique, s'est avérée son talon d'Achille. Plus particulièrement, la dépendance aux importations de gaz provenant de Russie, principal fournisseur avec lequel l'Allemagne entretenait des relations géopolitiques très compliquées et de plus en plus instables, fait obstacle à la réussite de la transition énergétique.

Or, l'atout incontestable de l'électricité d'origine nucléaire est de permettre d'accéder à un taux d'indépendance énergétique important pour des pays qui n'ont pas de ressources énergétiques spécifiques. Dans la production nucléaire, ce qui fait l'essentiel de la chaîne de valeur est la capacité de mise en œuvre et non pas la ressource combustible. En fait, l'uranium qui est extrêmement concentré en termes énergétiques intervient relativement peu dans le coût du kilowattheure final (entre 2 et 3%). Ce n'est pas comparable au gaz ou au charbon dont le coût d'approvisionnement occupe une part considérable dans le tarif de l'énergie.

Encore faut-il souligner que ses lieux d'approvisionnement sont très diversifiés géographiquement. Même si la France n'est pas un pays producteur, l'uranium est un minerai présent en quantité suffisante à l'échelle du globe pour permettre l'utilisation durable à long terme de l'énergie nucléaire. Si le fournisseur privilégié de la France a été historiquement le Niger, beaucoup d'autres pays ont dans leur sol des ressources importantes en uranium comme le Canada, l'Australie, le Kazakhstan, l'Ouzbékistan, la Namibie, etc. La plupart de ces pays ne présentent pas de risques géopolitiques majeurs. Enfin, l'uranium étant facilement stockable, la France dispose des réserves d'au moins deux ans à la différence des stocks de gaz qui n'excèdent pas deux ou trois mois.

Renforcer la sûreté nucléaire

Un des aspects les plus controversés de la production nucléaire est la politique de sûreté et la gestion des déchets radioactifs. Pour protéger les populations et l'environnement contre la menace d'un accident nucléaire et prévenir des risques liés à l'émission de rayonnements ionisants, un dispositif rigoureux de réglementations techniques, professionnelles et organisationnelles est mis en œuvre à toutes les étapes de la vie d'une centrale. La sûreté doit être garantie en toutes circonstances et constamment améliorée grâce au retour d'expérience durant l'exploitation. La maîtrise des risques est la condition *sine qua non* de la pérennité et de la légitimité de la production nucléaire. Les risques sont existants et très importants. Il faut donc

se garder de toute présentation excessivement irénique et s'efforcer d'améliorer sans relâche la sécurisation des installations et des activités nucléaires.

La gestion sûre et durable des résidus radioactifs de haute activité (HA) et de moyenne activité à vie longue (MA-LV), qui représentent un très petit volume (environ 3% des déchets), mais concentrent la quasi-totalité de la radioactivité, est un enjeu industriel de premier ordre. En même temps, elle est un sujet sensible et récurrent de préoccupation sociale auquel les pouvoirs publics ainsi que les acteurs industriels et institutionnels concernés doivent répondre de manière exhaustive et transparente. En attendant d'un site de stockage définitif, les déchets dangereux sont entreposés par leurs producteurs en colis après avoir été compactés, cimentés ou vitrifiés, selon leur niveau de radioactivité, puis placés dans des conteneurs en acier inoxydable fermés hermétiquement par soudure. À terme, ils devraient être stockés en formation géologique profonde dans le cadre du projet Cigéo, porté depuis plus de deux décennies par l'Agence nationale de gestion des déchets radioactifs (Andra)⁷. L'enfouissement géologique profond des déchets radioactifs dangereux est la solution de référence dans le monde entier, à l'instar de la Suède, de la Suisse ou du Canada. La Finlande est sans doute le pays le plus avancé dans ce domaine puisque son site de stockage sera opérationnel dès 2025, après deux décennies de tests et de travaux.

Le droit d'enfouir

«Le seul problème social du nucléaire est celui des déchets. Or, dans l'estimation économique de l'intérêt du nucléaire, la composante "déchets" est prise en compte. Nous sommes les seuls à provisionner depuis très longtemps démantèlement et déchets. D'autre part, on peut se poser la question métaphysique de savoir si on a le droit d'enfouir dans le sol des déchets qui vont menacer des générations entières pendant des milliers d'années. Sur ce point, sachez que le bon Dieu a fait pire: la quantité de produits radioactifs présents dans la croûte terrestre représente des millions et des millions de fois les déchets que nous pourrions enfouir en un siècle.»

(**Marcel Boiteux**, ancien directeur général puis président d'EDF, commentaire au cours d'une conférence de 2000 à l'École de Paris du management).

7. Le projet Cigéo (Centre industriel de stockage géologique pour les déchets) consiste à enfouir à 500 mètres sous terre, dans une couche d'argile qui n'a pas bougé depuis des centaines de millions d'années, des déchets hautement radioactifs à vie longue. L'installation du centre d'enfouissement, qui a été déclaré «d'utilité publique», est prévue dans la commune de Bure, située dans le département de la Meuse.