
Généalogie et enjeux du projet EPR Flamanville 3

Dans cette thèse, il sera largement question d'un projet bien particulier : la construction, par EDF, d'un réacteur de type EPR sur le site de Flamanville²⁹. Dans les parties qui suivent, nous étudierons de nombreux enjeux d'apprentissage, de compétences ou d'organisation associés à ce projet hors normes. Mais, à bien des égards, ces différents enjeux, ainsi que les décisions qui les ont accompagnés, ne peuvent se comprendre qu'à la lumière d'une analyse de la *place* extrêmement singulière qu'occupe le projet Flamanville 3, tant au regard de l'histoire d'EDF, et plus largement du programme électronucléaire français, que de l'avenir de cette entreprise et de ce programme. La temporalité singulièrement étirée de l'industrie nucléaire commande, de toutes façons, ce remplacement de l'analyse dans l'épaisseur d'une perspective historique. Il n'est qu'à considérer, pour s'en convaincre, que le projet EPR démarre véritablement en 1989, lorsqu'un partenariat franco-allemand est noué pour développer une nouvelle génération de réacteurs, et que le premier représentant de cette lignée ne sera pas mis en service avant 2014³⁰. Il aura donc fallu *a minima* 25 ans pour qu'un EPR « sorte de terre ». La perspective s'allonge plus encore si l'on intègre la durée de vie du réacteur, estimée à 60 ans, ainsi que la durée de démantèlement, qui est, compte tenu des possibilités techniques actuelles, de 30 ans en moyenne. L'horizon temporel des projets dont il est question ici excède donc celui du siècle.

Le projet EPR de Flamanville est un projet « trait d'union » à de multiples égards, et c'est précisément ce qui lui confère sa singularité. Trait d'union entre un cycle qui se referme pour EDF, le cycle ouvert par le fameux « Plan Messmer » de 1973 et qui a donné lieu à la construction des 58 réacteurs aujourd'hui en service sur le territoire français, et le cycle du renouvellement de ce parc historique. Trait d'union entre deux générations de réacteurs, l'ancienne Génération II et la nouvelle Génération III, qui est supposée intégrer les enseignements des accidents de Three Mile Island (1979) et Tchernobyl (1986), et œuvrer à l'avènement d'un nucléaire plus sûr. Trait d'union entre un statut d'entreprise publique dotée d'une mission de service public dans les limites du pays, et celui d'une multinationale à la conquête de marchés à l'export. Trait d'union, enfin, entre une génération d'ingénieurs façonnée par ce contexte, et une nouvelle génération. Mais pour un certain nombre de raisons sur lesquelles nous reviendrons, ce changement d'ère s'est fait de façon particulièrement heurtée, discontinue, incertaine.

²⁹ Le site de Flamanville, situé au nord de la péninsule du Cotentin dans le département de la Manche, compte déjà deux réacteurs, de type P4, raccordés au réseau en 1985 et 1986.

³⁰ Il est probable que le premier EPR mis en service dans le monde soit le réacteur de Taishan (Chine), dont la construction aura été nettement plus rapide que celles d'Olkiluoto et Flamanville.

I. Retour sur l'histoire : de la construction du parc actuel au reflux de l'industrie dans les années 1990

1) L'industrie nucléaire française du stade préindustriel vers la « production de masse » de réacteurs

La France est le pays le plus fortement nucléarisé au monde si l'on considère la part du nucléaire dans la production d'électricité. Si le chiffre varie, l'ordre de grandeur tourne autour de 80% de l'électricité produite, ce qui la place, en valeur relative, loin devant les autres puissances nucléaires.

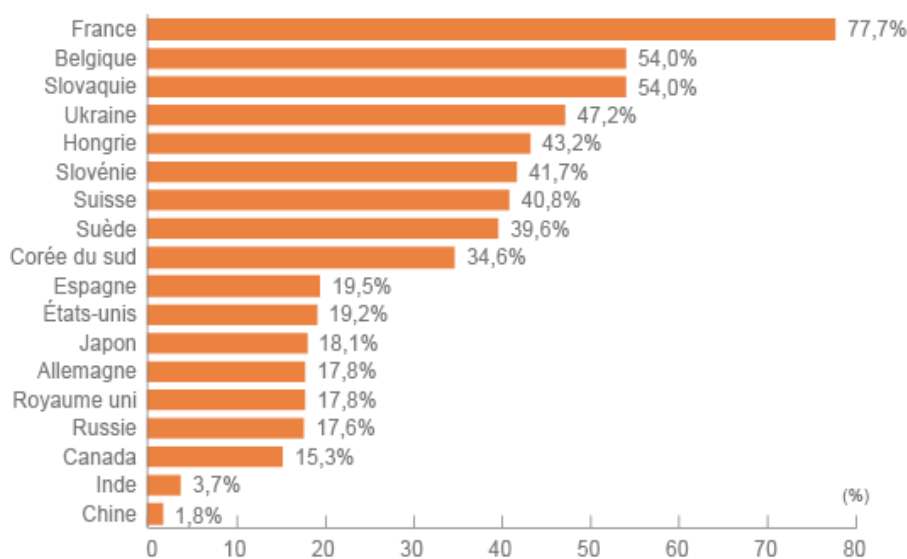


Figure 7 : Part du nucléaire dans la production d'électricité par pays en 2011 (graphique AIEA)

Cette production est assurée par 58 réacteurs (souvent appelés « tranches » dans le jargon nucléaire), répartis au sein de 19 centrales, qui forment le « parc » électronucléaire français. L'intégralité de la production nucléaire d'électricité en France est assurée par EDF, qui est le premier producteur d'électricité dans le monde. Si, d'après les différentes dispositions législatives ayant progressivement ouvert le marché de la distribution d'électricité à la concurrence, EDF ne dispose plus du monopole de la production et de la distribution d'électricité en France, l'entreprise conserve néanmoins un monopole de fait sur l'exploitation des réacteurs actuellement en fonctionnement, soit sur l'essentiel de l'électricité produite sur le territoire³¹. Il est ainsi souvent question d'une « rente nucléaire », dont la production est assurée par EDF, et dont il s'agit de libéraliser la distribution. La loi NOME³² du 7 décembre 2010, a essentiellement consisté à garantir un *droit d'accès régulé à l'électricité nucléaire historique* (ARENH) aux concurrents d'EDF, donc à libéraliser l'aval de la filière, mais n'a pas porté atteinte à l'amont, c'est-à-dire à l'exploitation des centrales.

³¹ GDF Suez a manifesté son intention de pénétrer le marché de la production nucléaire d'électricité, en annonçant, en 2010, son intention de construire un premier réacteur de type *Atmea* (réacteur de moyenne puissance, développé par Areva) dans la vallée du Rhône, à l'horizon 2020. Aucune décision politique n'est cependant, à cette date, venue appuyer cette ambition.

³² Nouvelle Organisation du Marché de l'Électricité.

Ce parc très dense de réacteurs exploités par EDF a été construit, nous le verrons, dans un temps extrêmement ramassé, mais il est le résultat d'une histoire longue, qu'il ne s'agit pas de restituer intégralement ici. Nous nous en tiendrons, dans l'esprit d'une approche généalogique, à en signaler les éléments qui sont le plus à même d'éclairer la situation présente.

Une série de décisions politiques, prises pour l'essentiel pendant la présidence de Georges Pompidou (1969-1974), a façonné le visage que présente ce parc de 58 réacteurs. Au tournant des années 1960 à 1970, le paysage du secteur nucléaire en France est marqué par de profonds clivages, et de grandes incertitudes. Le principal clivage, souvent qualifié de « guerre des filières », est celui qui oppose le CEA³³ et EDF. Depuis le début des années 1960, en effet, le gouvernement français songe à augmenter ses capacités de production d'électricité via l'utilisation de l'énergie nucléaire, notamment suite aux recommandations de la commission PEON³⁴, pour faire face à la croissance de la demande, mais également pour réduire la dépendance vis-à-vis d'énergies fossiles dans un contexte de décolonisation. Mais les deux principaux acteurs de la filière ne s'accordent pas sur l'option technologique à retenir. Le CEA promeut la technologie qu'il a lui-même développée : la filière *Uranium Naturel Graphite Gaz* (UNGG), alors qu'EDF prône l'utilisation de la technologie dite de *Réacteur à Eau Pressurisée* (REP), développée par la firme américaine Westinghouse. Pour des raisons tenant principalement au souci de l'indépendance nationale dans un contexte de guerre froide, mais aussi au poids des préoccupations militaires, le général de Gaulle a maintenu, jusqu'à son départ du pouvoir en 1969, sa préférence pour la filière UNGG, alors même qu'il était prouvé qu'elle était l'option la plus coûteuse. Au-delà de cette indécision technologique, l'avenir et le potentiel du nucléaire civil sont alors sujets à caution. Si la technologie suscite un optimisme certain, elle n'est pas encore conçue comme économiquement très avantageuse : le « choc pétrolier » n'a pas encore eu lieu, et les puissances occidentales continuent à s'approvisionner à bas coût en hydrocarbures. EDF produit alors de l'électricité principalement grâce à l'hydraulique et au thermique à flamme (charbon, fioul, gaz).

Ces oppositions et ces incertitudes vont être progressivement tranchées pendant la première moitié de la décennie 1970, qui voit le secteur nucléaire français basculer d'un stade préindustriel, fait d'expérimentations, de recherches, de tâtonnements, vers un stade industriel, où le souci de la rationalisation et de l'optimisation sera permanent. Une décision interministérielle du 13 novembre 1969 (1^{er} gouvernement Chaban-Delmas) répudie la filière Graphite Gaz au profit de la technologie américaine à eau légère, pour des motifs principalement économiques. La France collabore déjà étroitement, depuis les années 1950, avec les ingénieurs américains, notamment à travers la société Framatome, qui est l'abréviation de Société Franco-Américaine de Constructions Atomiques³⁵, créée en 1958 par le rapprochement de sociétés françaises spécialisées dans l'électricité (Schneider, Merlin Gerin) et de Westinghouse qui, dès le milieu des années 1960, industrialise à grande échelle la

³³ Commissariat à l'Énergie Atomique, aujourd'hui Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives, créé le 18 octobre 1945 par décision du général de Gaulle.

³⁴ Production d'Électricité d'Origine Nucléaire

³⁵ Framatome sera intégrée, en 2001, avec la COGEMA (Compagnie générale des matières atomiques), au groupe nouvellement créé Areva. Framatome deviendra ainsi Areva NP, spécialisée dans la conception et la construction de réacteurs, et la COGEMA deviendra Areva NC, principalement en charge du cycle du combustible.

construction de réacteurs de type REP aux États-Unis. Cette collaboration va être renforcée lorsque Westinghouse cède, en 1974, sa licence sur les réacteurs à eau pressurisée à Framatome. L'industrie française va alors pouvoir s'appuyer sur une technologie déjà éprouvée et sur l'expertise des ingénieurs américains.

L'histoire retient que le véritable tournant pour le nucléaire civil français intervient en 1973, et reste associé au nom du premier ministre de l'époque, Pierre Messmer, ainsi qu'aux grands événements géopolitiques qui surviennent cette année-là : le conflit israélo-arabe (guerre du Kippour), et le « choc pétrolier » consécutif la décision des pays arabes producteurs de pétrole de s'affranchir de la tutelle des pays occidentaux. En réalité, ces événements ont eu pour conséquence principale d'accélérer un processus déjà en marche de nucléarisation de la production d'énergie en France. Le véritable acte de naissance du programme nucléaire français est en fait consécutif à la décision du gouvernement algérien, en 1971, de nationaliser les hydrocarbures sahariens. Jacques Chaban-Delmas décide alors la construction de trois réacteurs de type REP, qui sont encore aujourd'hui en activité, les réacteurs bien connus de Fessenheim (Bas-Rhin) et de Bugey (Ain). L'ambition du gouvernement est alors de réduire progressivement la part du thermique à flamme basé sur les énergies fossiles dans la production. En mai 1973, plusieurs mois avant la guerre du Kippour et le choc pétrolier, il est décidé de construire trois réacteurs par an. Ces événements auront pour effet, en faisant émerger de façon criante la dépendance énergétique de la France par rapport aux fournisseurs d'hydrocarbures, de précipiter et d'intensifier le programme nucléaire français. Une décision du 5 mars 1974 va entériner le choix du nucléaire comme source largement majoritaire de la production d'électricité en France au détriment du thermique à flammes, en accélérant le rythme de la construction de réacteurs. Le souhait du gouvernement est de remplacer, *dans les plus brefs délais possibles*, la production thermique par de la production nucléaire.

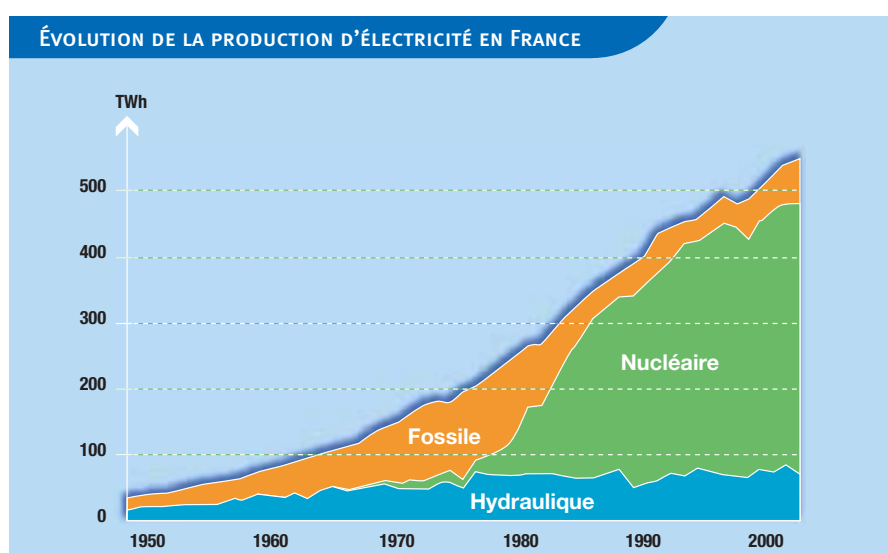


Figure 8 : Le nucléaire par rapport aux autres sources d'électricité en France : une substitution massive et rapide (graphique EDF)

2) Les ressorts de l'industrialisation réussie de la construction de réacteurs : stratégie de palier et contexte institutionnel

A partir de 1974, la construction du parc nucléaire français s'engage. Au cours des décennies 1970 et 1980, les chantiers vont s'enchaîner à un rythme jamais vu jusqu'ici dans l'industrie nucléaire mondiale. Les 58 réacteurs auront en effet été construits sur une période inférieure à 20 ans. La vitesse d'exécution de ce programme de conversion massive de la production d'électricité en France peut s'expliquer par un certain nombre de raisons. Pour l'essentiel, nous pouvons dire que si EDF aura pu construire autant de centrales en si peu de temps, c'est parce qu'elle a su opérer la conjonction de facteurs favorisant une efficacité maximale.

Le programme nucléaire français est le produit d'une rencontre entre un choix technologique éprouvé et testé à grande échelle par les ingénieurs américains (la technologie des Réacteurs à Eau Pressurisée), et l'organisation industrielle du secteur électrique en France. En effet, comme l'explique Lionel Taccoen, qui était chargé entre 1974 et 1981 de la communication sur le programme nucléaire d'EDF (Taccoen, 2003), la principale innovation apportée par EDF fut d'adapter son modèle d'organisation des filières technologiques, hérité de son expérience en matière de barrages hydroélectriques et de centrales thermiques au cours des années 1950 et 1960, au domaine de la production nucléaire. Ce modèle d'organisation était fondé sur un principe simple : la *construction en série*, fondée sur la *réplication* d'un même design et de mêmes principes de construction. C'est ce que, dans le vocabulaire d'EDF, on appelle la logique de paliers technologiques. Pour Taccoen, « depuis longtemps, les centrales à charbon et à pétrole étaient réalisées en France par « paliers », c'est-à-dire par séries d'unités identiques. Pour le nucléaire, c'était purement et simplement une révolution [...] Cette décision allait faire du nucléaire français le moins cher du monde... Et l'un des plus sûrs, car les ingénieurs allaient pouvoir concentrer leurs efforts sur un seul modèle » (op. cit. p. 102).

Mais cette stratégie de recherche d'une efficacité maximale par la réplication n'a pu exister que parce qu'il existait, en France, un cadre institutionnel qui lui était particulièrement favorable, comme l'explique Grubler (2010). Pour cet auteur, « le programme français de Réacteurs à Eau Pressurisée (REP) est légitimement considéré comme le développement à grande échelle [scale-up dans le texte] d'un système technologique énergétique complexe et intensif en capital le plus réussi dans l'histoire récente des pays industrialisés » (art. cit. p. 5174). Ce développement est « réussi », toujours selon lui, à trois égards : par son ampleur (de près de 0% à 80%), sa rapidité (programme déployé sur moins de 20 ans), et son caractère systémique (le déploiement d'une capacité industrielle globale, couvrant l'ensemble de la chaîne d'activité, de l'extraction du combustible au traitement des déchets, en passant par la production et la distribution d'électricité, la construction et le démantèlement des unités de production). Les raisons profondes de ce « succès » ont été analysées par Finon & Staropoli (2001), ainsi que par Grubler (2010). Les premiers mettent en avant le cadre institutionnel et politique spécifique à l'industrie France, marqué par le centralisme et la technocratie : « un fort appui politique, un monopole d'État sur l'électricité doté de ressources d'ingénierie substantielles, une industrie électromécanique hautement concentrée, une agence de R&D influente [le CEA], opérant dans le cadre d'une grande stabilité de la régulation, et une coordination efficace, résultant d'arrangements organisationnels de long-terme » (Finon &

Staropoli, 2001, p. 179). Grubler reprend ces différents facteurs institutionnels, en ajoutant qu'ils auront permis « *la standardisation de séries de réacteurs, commandés en "gros" et bénéficiant d'apprentissages externes à travers l'utilisation de la conception de réacteurs américains existants, via la licence Westinghouse* » (p. 5177).

Cette stratégie de réplication bouleversait la logique industrielle alors dominante dans le domaine nucléaire, logique de prototypage et de conception à l'unité. Cette logique tenant d'ailleurs tant au caractère relativement neuf de cette industrie, mais aussi aux contextes locaux dans lesquels elle s'est d'abord déployée, les deux pays pionniers en matière d'industrialisation de l'atome civil, les Etats-Unis et la RFA, étant des États fédéraux, marqués par une plus grande décentralisation politique et réglementaire, ainsi que par un paysage industriel plus déconcentré qu'en France. Encore une fois, le contexte institutionnel français a permis le dépassement de la logique prototypage, en particulier par le fait que le client (l'exploitant) et le fournisseur de l'équipement (l'architecte-ensemblier) étaient, et restent, en France, confondus : EDF assume les deux rôles. Pour Marcel Boiteux (2008), ce double statut de l'entreprise est un « *autre facteur de succès, spécifique au cas français, c'est le client lui-même - EDF en l'occurrence - qui est son propre architecte industriel et assure l'ingénierie générale, et non un architecte autonome comme aux États-Unis, ou le fournisseur de chaudière nucléaire lui-même comme en Allemagne. Ainsi, la Maison EDF sait-elle le pourquoi, le comment...* » (p. 40). Cette situation permet, dans une large mesure, de réfréner les velléités des équipes d'ingénierie à raffiner de façon indéfinie la conception des centrales, et permet donc de freiner l'innovation pour favoriser les rentes d'apprentissage et les économies d'échelle : « *les idées nouvelles et géniales du fournisseur (ou du maître d'œuvre) étant soigneusement rangées dans des chemises à exploiter plus tard* » (ibid.)³⁶.

On le voit, la conversion massive et rapide de la production française d'électricité vers le nucléaire aura été possible par une juxtaposition de décisions tendues vers la recherche d'une efficacité maximale : **l'adoption d'une technologie déjà explorée aux États-Unis**, au détriment d'une part de l'indépendance nationale, mais au profit d'économies de R&D et d'apprentissage notables ; le choix d'une **stratégie de réplication** par paliers technologiques ; une **organisation industrielle centralisée** autour d'un acteur clé (EDF), condition de la réplication, et minimisant les coûts de coordination.

3) Vers la « traversée du désert »

La stratégie décrite dans la section précédente a permis à l'activité de construction de réacteurs d'atteindre son apogée très rapidement, au début des années 1980, l'arrivée au pouvoir de François Mitterrand n'ayant d'ailleurs en rien infléchi la politique nationale en matière de nucléaire. L'année 1981 est même un point culminant si l'on considère le volume de MW raccordés au réseau cette année là, qui dépasse les 8500 (source : AIEA).

³⁶ Grubler fait l'hypothèse que le profil de Boiteux, non pas un ingénieur mais un mathématicien et expert en recherche opérationnelle, a joué un rôle fondamental dans le fait de freiner la logique de prototypage, au moyen d'un report systématique des innovations potentielles tant que les possibilités de l'état actuel de la technologie n'auront pas été pleinement *exploitées* (p. 5177).

Les années 1980 sont marquées par une lente évolution du parc, avec l'évolution du design des centrales. À partir du modèle de base développé par Westinghouse, les ingénieurs d'EDF et Framatome vont progressivement apporter des améliorations, qui permettront de rendre les réacteurs plus puissants et plus sûrs, en intégrant les « retours d'expérience » des heures de fonctionnement de ceux précédemment installés (voir **figure 9**).

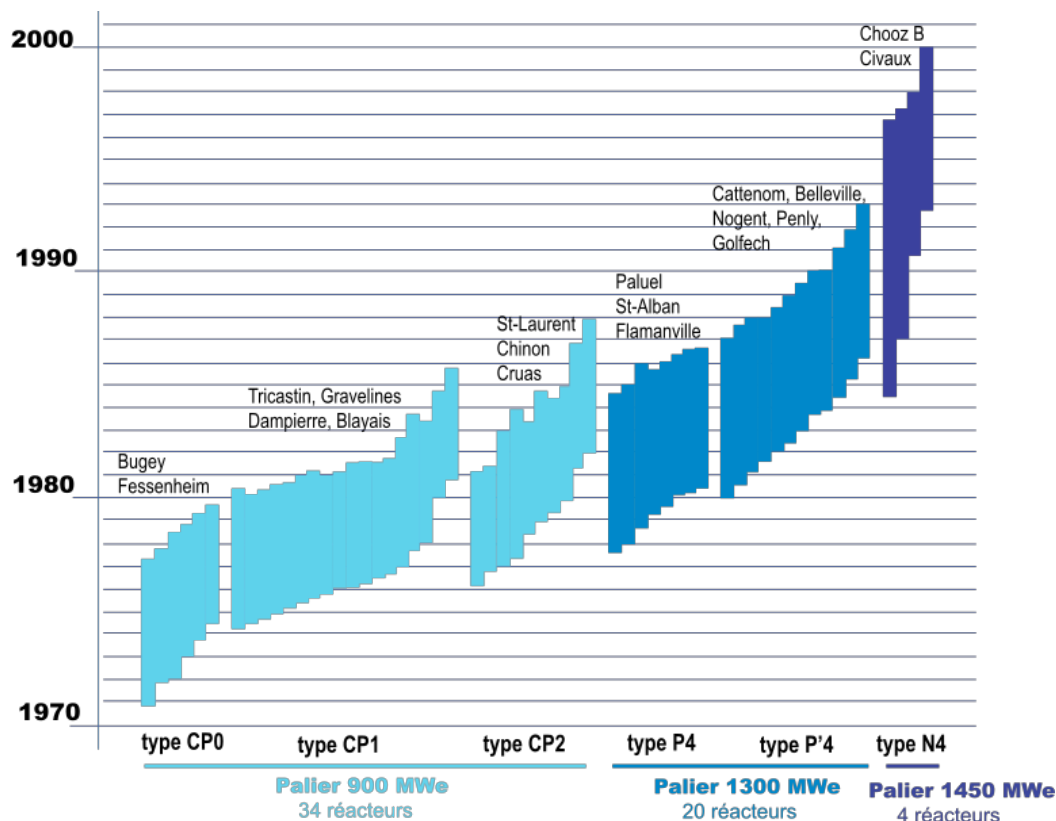


Figure 9 : Les 58 réacteurs du parc historique français : localisation, palier technologique, date et durées de construction (graphique AIEA)

Cette période voit également EDF et Framatome s'affranchir, de façon graduelle, de la tutelle de Westinghouse. Le palier P'4 est présenté comme une version « francisée » du design de P4 de Westinghouse. Quant au palier N4, il est le premier à être présenté comme de conception totalement française, et les quatre réacteurs de ce type en fonctionnement actuellement (à Chooz et Civaux) ne dépendent donc pas de la licence américaine.

Mais la décennie 1980 est aussi celle d'une décroissance progressive de l'activité de construction de réacteurs, à mesure que se rapproche l'horizon d'une saturation des capacités de production du parc. La **figure 10** ci-dessous, qui montre le nombre de tranches en cours de construction par année, illustre bien cette baisse d'activité entamée à partir du « pic » des années 1980-1981.

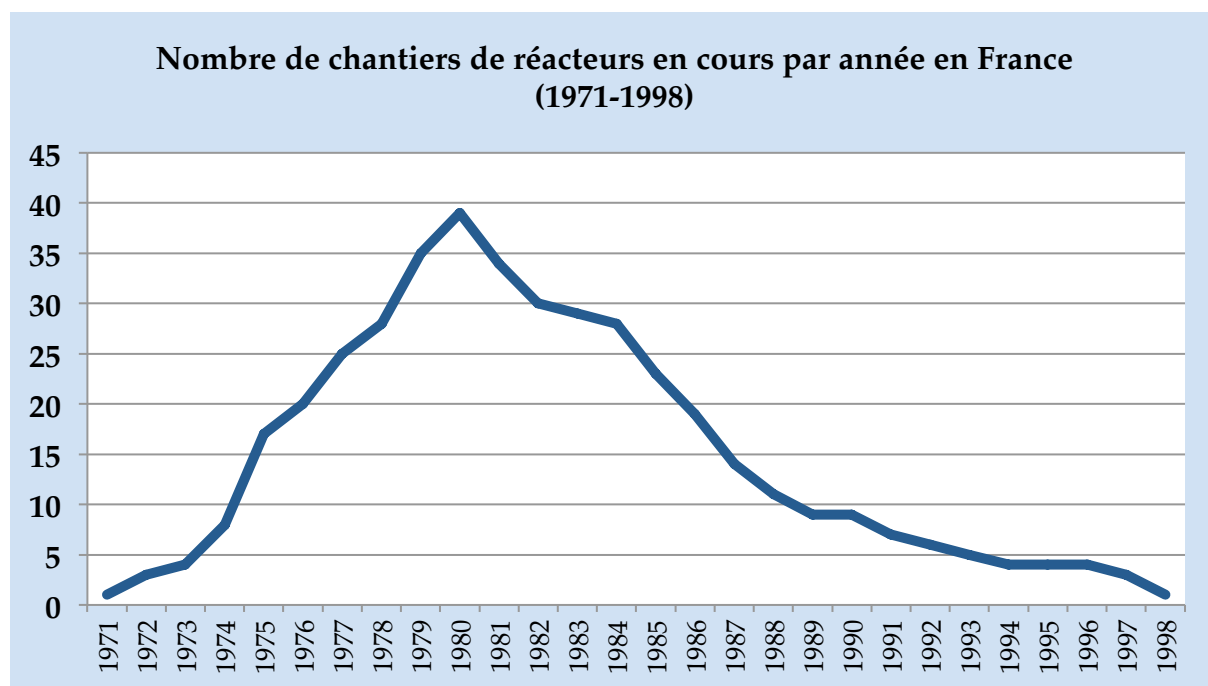


Figure 10 : Evolution dans le temps du nombre de tranches en cours de construction en France (données AIEA)

Cet effet de seuil, s'il est fortement lié à des contingences nationales (la saturation du parc), s'inscrit en fait dans un mouvement plus global de très fort ralentissement du déploiement du nucléaire civil dans le monde. Ce phénomène a une origine double : il s'explique tant par le fait que certaines des puissances nucléaires les plus actives (France, Japon) atteignent une capacité de production critique avant l'horizon du renouvellement de ces capacités, que par le désengagement d'autres puissances vis-à-vis de la technologie nucléaire, en lien avec des inquiétudes croissantes quant à sa sûreté. La première de ces grandes nations est les Etats-Unis, suite à l'accident de la centrale de Three Mile Island (Pennsylvannie), survenu le 28 mars 1979. Le traumatisme provoqué par cet accident conduisit le Président Jimmy Carter à suspendre le programme nucléaire civil américain. Les chantiers alors en cours seront, pour la plupart³⁷, menés à leur terme, mais plus aucun nouveau projet ne sera engagé. Ainsi, en 2014, les 104 réacteurs en service sur le sol américain sont tous issus d'une décision de construction antérieure à 1979. Cette décision des États-Unis de suspendre leur programme marqua un premier coup d'arrêt pour la filière. Mais le véritable tournant intervint à l'évidence avec l'accident de Tchernobyl, qui fut nettement plus grave que TMI, par ses conséquences humaines, sanitaires, économiques ou encore environnementales. Son incidence sur l'activité de construction de réacteurs dans le monde fut, comme l'illustre la **figure 11** ci-dessous, particulièrement brutale. On observe ainsi que l'année 1986 a constitué l'apogée d'une expansion du nombre de réacteurs en connexion qui n'avait été que ralentie par le choc provoqué par l'accident de TMI. Depuis lors, et jusqu'à aujourd'hui, la « puissance installée », c'est-à-dire la capacité totale de production d'électricité du parc

³⁷ « Pour la plupart » seulement, car certains projets ne pourront jamais être menés à leur terme, pour des raisons tant politiques que financières, à l'instar du réacteur de Shoreham (New York) qui ne sera jamais mis en service, après avoir engendré des hausses de coût particulièrement spectaculaires. Ce projet avorté reste l'un des plus grands échecs industriels de l'histoire américaine, et les ressorts organisationnels en sont bien décrits par Ross & Staw (1993) dans un article de l'*Academy of Management Journal*.

de réacteurs mondial, n'a cessé de stagner, les quelques réacteurs entrant en service chaque année (une moyenne de 4 ou 5 par an) compensant seulement les arrêts de réacteurs anciens.

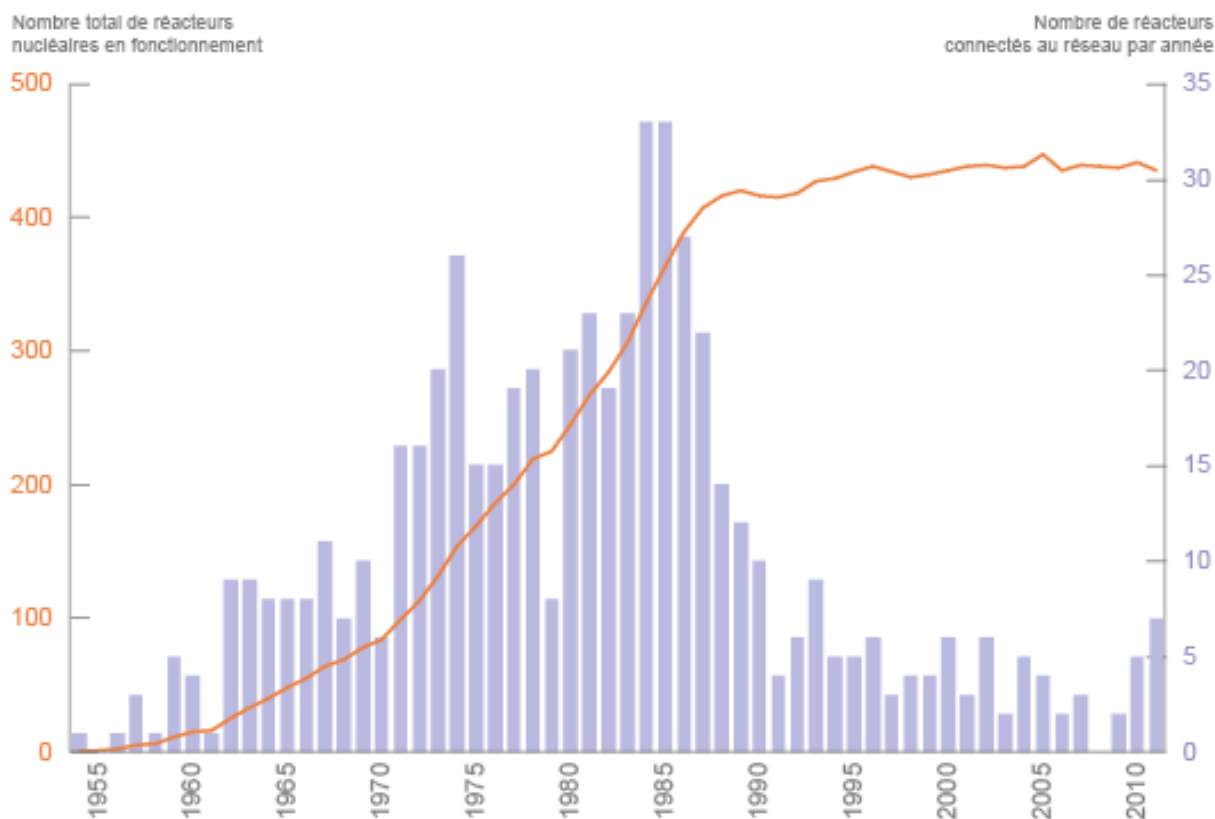


Figure 11 : Evolution du parc nucléaire mondial entre 1954 et 2011 (source AIEA)

Ce « plateau » de production a entraîné une véritable « traversée du désert » pour les acteurs de la filière électronucléaire, et ce partout dans le monde. La principale raison avancée pour expliquer cette situation est le retournement des opinions publiques nationales au sujet de la sûreté de l'utilisation de l'énergie nucléaire. Le traumatisme de Tchernobyl a, en effet, parachevé un processus d'inversion de l'imaginaire collectif associé à « l'atome », tel qu'il s'était édifié dans le contexte d'optimisme technologique des années de la reconstruction. L'utilisation de l'énergie atomique était alors porteuse de promesses infinies : celle d'une source d'énergie illimitée, peu chère et sans risque, susceptible de s'appliquer à de nombreux domaines. Les reportages d'information sur le sujet datant des années 1950 et 1960 sont, à cet égard, saisissants. Un court documentaire français de 1965 sur l'« ère atomique » détaille les possibilités qui devaient s'ouvrir grâce à l'atome, en affirmant que « le champ des applications est pratiquement sans limite » : révolution dans les transports, avec la locomotive nucléaire, l'avion nucléaire, mais aussi le creusement de canaux par bombardement ; dans l'agriculture, avec le décuplement des rendements et l'accélération de la germination, mais aussi la conservation des légumes grâce à l'exposition aux radiations ; la médecine, enfin, avec les promesses de guérir les tumeurs les plus profondes. Les accidents de Three Mile Island, puis surtout de Tchernobyl allaient produire des représentations aussi pessimistes et apocalyptiques que ce que les espoirs de l'après-guerre étaient iréniques. Même si l'origine des mouvements anti-nucléaire est antérieure à ces catastrophes, puisqu'ils s'enracinent plutôt dans la contestation du capitalisme et de la technocratie née de Mai 68, la portée de leur message a été incontestablement décuplée par les

événements, jusqu'au renversement de l'opinion majoritaire dans de nombreux pays. Ainsi, plusieurs gouvernements ont-ils décidé, après 1986, un « moratoire » sur la construction de nouveaux réacteurs (c'est le cas de l'Allemagne), certains allant jusqu'à décider de fermer leurs centrales (comme l'Italie). Les années 1990 correspondant, dans de nombreuses nations européennes, à la montée des courants politiques liés à l'écologie, cette décennie s'est même traduite par l'inscription dans la loi de plusieurs États (Allemagne, Belgique, Suède...) du renoncement au nucléaire.

Peut-on dire que la France ait emboîté le pas des décisions de ses voisins ? La considération de la **figure 10** nous invite plutôt à penser que la France a vécu sa propre vie en matière nucléaire, et est restée, dans une large mesure, hermétique aux mouvements de rejet qui gagnaient les opinions jusqu'aux gouvernements de grands pays européens. Tchernobyl, en effet, ne marque pas une rupture pour la France : la catastrophe est survenue à un moment où le parc français se rapprochait déjà du niveau de puissance installée visé par les pouvoirs publics, et où son activité de construction de réacteurs décroissait en conséquence. Les gouvernements successifs, jusqu'à celui de Lionel Jospin (1997-2002), marqué par la présence des Verts dans plusieurs ministères, n'ont pas infléchi la ligne directrice qui était celle de l'État depuis les années 1970. C'est ainsi que, alors que l'Allemagne, l'Italie, la Belgique ou la Suède gelaient leurs projets, voire envisageaient des fermetures de sites à moyen terme, la France a pu, *sans contestation majeure*, finaliser l'accomplissement du dessein de Pierre Messmer, en lançant notamment deux nouveaux chantiers de réacteurs N4 à Civaux (Vienne) en 1988 et 1991. Leur construction, avec ceux de Chooz (Ardennes), a refermé le cycle ouvert par les grands choix opérés sous la présidence de Georges Pompidou, garantissant, jusqu'aux années 1995-96, une continuité d'activité de construction, d'installation et de mise en fonctionnement de tranches nouvelles.

II. Quel « printemps » pour le nucléaire ?

1) Stagnation prolongée ou « revival » nucléaire ?

La période qui va de la deuxième moitié des années 1990 aux cinq premières années des années 2000 correspond, pour l'ensemble des acteurs de la filière nucléaire française, à une période d'incertitudes et de recompositions. Elle est aussi, d'abord, marquée par une absence de projets à court-terme, ainsi qu'une absence de vision claire sur les perspectives de redémarrage de l'activité. Les questions sont alors multiples : quand sera-t-il possible de construire de nouveaux réacteurs ? Où seront-ils situés (en France, à l'étranger) ? Quelles seront les options technologiques retenues ? L'époque, en effet, balance entre deux perspectives contradictoires.

Celle, d'une part, d'une prolongation indéfinie de la période de « traversée du désert », dont on ne mesure pas bien quelles en seront les conséquences : les dernières années du 20^{ème} siècle correspondent à une apogée du scepticisme anti-nucléaire, en particulier dans les pays européens, dont certains comptent des écologistes dans leurs gouvernements respectifs. En Belgique, une coalition gouvernementale « arc-en-ciel » vote en 1999 une loi prévoyant la fermeture de deux

centrales et interdisant la construction de nouveaux réacteurs. En Allemagne, le gouvernement Schröder (dont le vice-chancelier est le *Grünen* Joschka Fischer) décide en juin 2000 un plan visant la sortie progressive du nucléaire, entérinant par la loi un mouvement de désengagement entamé après l'accident de Tchernobyl. En Suède, le gouvernement décide en 1997 et 1998 la fermeture de plusieurs réacteurs. L'Autriche va plus loin : en 1999, une « loi constitutionnelle pour une Autriche sans nucléaire » est votée à l'unanimité par le parlement. En France, la situation est plus ambiguë. Le gouvernement de « gauche plurielle » de Lionel Jospin donne des gages aux écologistes dès son arrivée au pouvoir en 1997, en décidant en particulier la fermeture du réacteur *Superphenix* de Creys-Malville (Isère), prototype de réacteur à neutrons rapides ayant connu de multiples difficultés de fonctionnement. Mais la majorité au pouvoir, essentiellement issue de partis politiques plutôt favorables au nucléaire (socialistes et communistes), ne prend aucune décision allant dans le sens d'une sortie du nucléaire. La perspective de renouvellement du parc est alors encore lointaine, et le gouvernement préfère contourner une inévitable confrontation avec sa composante écologiste, remettant à une date ultérieure les décisions relatives à la stratégie de renouvellement du parc français.

La seconde perspective, à l'opposé de la première, est celle d'un « *revival* » probable de l'énergie nucléaire dans les premières décennies du vingtième siècle. Cet « espoir » de la filière se fonde sur la conjonction de plusieurs éléments : d'une part le vieillissement des parcs « historiques » dans les pays n'ayant pas explicitement affiché leur volonté de renoncer au nucléaire (Etats-Unis, France, Japon principalement), qui pourrait appeler à des constructions de remplacement ; d'autre part, la prise de conscience du potentiel de croissance représenté par les pays dits « émergents », tels que la Chine, l'Inde ou le Brésil, dont certains ont déjà engagé un programme nucléaire civil mais pourraient poursuivre une stratégie d'équipement massif, que les grandes entreprises occidentales souhaitent pouvoir appuyer de leur expertise ; enfin, un déplacement sensible des objets de la préoccupation environnementale : la préoccupation montante est alors celle du « réchauffement climatique » qui, associée à l'horizon de l'épuisement des réserves mondiales d'hydrocarbures, tend à discréditer le recours au thermique à flammes (source majoritaire en Europe) comme source de production d'électricité. Dans ce contexte, le nucléaire apparaît comme une énergie qui, *si elle est maîtrisée du point de vue de la sûreté*, et en l'état des capacités technologiques en matière d'énergies renouvelables, représente une alternative « propre » et « durable » à la combustion d'énergies fossiles, trop polluante, trop dépendante des fluctuations du cours des matières premières. Corbel résume ainsi, dans un article de 2004 : « *Les dirigeants des entreprises de l'industrie nucléaire ont de bonnes raisons d'espérer une relance. Le système énergétique actuel, basé sur les combustibles fossiles, n'est pas satisfaisant, ni en termes de pollution, en particulier en matière d'émissions de CO₂, ni en termes de risques géopolitiques (risque de dépendance, concentration des ressources dans des zones à risque). Malgré leur croissance, aucune énergie renouvelable n'a aujourd'hui le potentiel de se substituer aux combustibles fossiles. De ce point de vue, l'absence d'émissions directes de gaz à effet de serre, et la relative diversité des ressources d'uranium sont d'incomparables avantages de la technologie nucléaire. Le potentiel de reprise est donc très important* » (Corbel, 2004, p. 157).

Cet « espoir » dans un potentiel de reprise s'est cristallisé, au cours des premières années du nouveau siècle, dans la rhétorique du « Nouveau Nucléaire » (« *nuclear revival* » en anglais) dans le discours des acteurs du nucléaire. Ceux-ci, à cette époque, chiffrent le nombre de nouveaux réacteurs qui seront

susceptibles d'être commandés dans les décennies qui viennent, en intégrant les perspectives de croissance de la demande en énergie (notamment liée aux pays émergents), et en tablant sur la part de cette croissance qui sera prise en charge par l'industrie nucléaire : on estime alors, en moyenne, que la croissance de la puissance nucléaire installée sera de 75% en vingt ans, celle-ci passant de 390 GW actuellement à 690 GW autour de 2030. C'est cet « espoir » dans le renouveau de l'industrie qui explique, toujours selon Corbel, que, malgré le faible nombre de projets en cours depuis le milieu des années 1990, très peu d'acteurs se soient retirés du marché, ce qui aurait été la conséquence « normale » d'une filière véritablement déclinante. Plus encore, il apparaît que la période est même marquée par de grands mouvements de restructuration et de regroupement des acteurs du nucléaire. À l'étranger, les activités nucléaires de Westinghouse sont rachetées par BNFL³⁸ en 1998, qui rachètera également le suédois ABB³⁹ en 2000. Westinghouse passera finalement sous le giron du géant japonais TEPCO⁴⁰ en 2006. En France, les années de passage au XXI^e siècle sont également celles des grandes manœuvres. En 2000, Framatome et la filiale nucléaire de Siemens (Allemagne) se regroupent dans l'entité Framatome ANP⁴¹. En 2001, Framatome et la Cogema, déjà liées à travers la structure CEA-Industrie, sont regroupées sous la bannière du nouveau conglomérat français du nucléaire : Areva. En 2006, la Cogema devient Areva NC⁴², entité en charge du cycle combustible, Framatome ANP devenant Areva NP⁴³. De son côté, EDF connaît un changement institutionnel majeur entre 2004, date de son passage au statut de Société Anonyme, et 2005, date de son introduction en bourse (l'État conservant une très large majorité du capital, à hauteur de 84%). Ce changement de statut permet à EDF de changer de périmètre d'action, et d'envisager désormais d'être un acteur à part entière du nucléaire à l'échelle mondiale, et non pas seulement au titre de support technologique à un exploitant. L'ancienne entreprise publique disposant du monopole d'État pourra donc prendre pleinement part au « Nouveau Nucléaire » qui se profile.

Pour EDF se dessine alors le temps des grands choix stratégiques. Pour l'entreprise, deux perspectives, partiellement disjointes, se combinent au début du siècle : celle du marché national, avec le renouvellement du parc français, et celle du marché à l'export, qui représentent deux promesses de croissance potentielles, mais avec des enjeux différents. Le renouvellement du parc français est en effet conditionné par les choix politiques à long terme, concernant la place qu'occupera le nucléaire dans la production d'électricité sur le territoire, ainsi que sur la stratégie retenue pour atteindre ces objectifs. Faudra-t-il, en effet, prolonger la durée de vie des réacteurs du parc historique ? Faudra-t-il au contraire chercher à remplacer ces centrales « vieillissantes », dont la conception est antérieure aux accidents de Three Mile Island et Tchernobyl, par des centrales de conception plus récente ? Le cas échéant, quelle technologie sera retenue pour appuyer cette stratégie de substitution ? En outre, quelle technologie sera la plus susceptible d'être exportée sur les différents marchés potentiels visés par EDF (États-Unis, Grande-Bretagne, Chine, Inde, Europe de l'Est, Afrique du Sud...) ? Quel modèle d'organisation industrielle sera adéquat à l'exportation : exporter le modèle intégrateur historique

³⁸ *British Nuclear Fuels Limited*

³⁹ *Asea Brown Boveri*

⁴⁰ *Tokyo Electric Power Company*

⁴¹ *Advanced Nuclear Power*

⁴² *Nuclear Cycle*

⁴³ *Nuclear Power*

d'EDF d'« architecte-ensemblier-exploitant » ? Opter pour une fourniture « clé en main » à un opérateur national ? Développer des *joint ventures* ?

Nous allons voir qu'un certain nombre de décisions fortes, au niveau de l'État comme de la direction d'EDF, vont progressivement dégager un scénario plausible de participation de l'entreprise française au « Nouveau Nucléaire ». En 2004, l'État et EDF se mettent ainsi d'accord sur le projet de construction d'un réacteur de type EPR sur le site de Flamanville, dont la construction doit, au terme d'une procédure de débat public et d'études préliminaires de site, débuter, en 2007. Ce choix de l'EPR n'est pas isolé, puisqu'il intervient un après le contrat passé entre l'électricien finlandais TVO⁴⁴ et Areva pour la fourniture « clé en main » à l'exploitant d'un EPR sur le site Olkiluoto. Nous verrons cependant que ce choix est le produit d'un long mûrissement d'un projet industriel (le développement de la technologie EPR), mais surtout d'une longue période d'incertitudes et d'hésitations quant à la temporalité du redémarrage de l'activité de constructions de réacteurs. Nous revenons dans un premier temps sur l'historique du choix de l'EPR, avant d'évoquer les débats et les ambiguïtés ayant émaillé le processus de décision sur le moment de démarrer le renouvellement du parc français.

2) Généalogie et déterminants du choix de la technologie EPR

A. Logique du choix : l'adéquation entre horizon temporel des besoins et technologie disponible

Pourquoi la technologie EPR a-t-elle été retenue pour redémarrer le programme de construction de réacteurs nucléaires en France ? Et d'où est issue cette technologie ?

Dans une communication institutionnelle de l'Autorité de Sûreté Nucléaire datant de 2005 et consacrée à l'EPR, Francis Iglesias et Cyrille Vincent, de la sous-direction de l'industrie nucléaire de la Direction générale de l'énergie et des matières premières (DGEMP), résumant ainsi les motifs ayant présidé au choix de l'EPR pour relancer l'activité de construction de réacteurs en France :

*« Les acteurs du secteur nucléaire (EDF, FRAMATOME-ANP et les établissements de recherche concernés comme le CEA), estiment que le parc actuel devrait atteindre une durée de vie moyenne de 40 ans. Toutefois, la réglementation française en matière de sûreté ne prévoit pas explicitement une durée de vie maximale pour une installation nucléaire et l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) ne s'est pas aujourd'hui prononcée à ce sujet. Ces différents éléments réclament une approche prudente, ce qui conduit à envisager les **premiers déclassements de réacteurs à l'horizon 2020**.*

À cette échéance, les nouveaux réacteurs nucléaires disponibles, dont l'EPR, seront dans la lignée des réacteurs actuels mais présenteront des améliorations notables sur les plans de la compétitivité, de la sûreté, de la radioprotection et des performances environnementales. Ils appartiendront à la troisième génération (par comparaison au parc actuel dit de deuxième génération)

*Il semble en revanche **illusoire d'attendre la maturité d'une technologie plus innovante** (quatrième génération de réacteurs) pour renouveler le parc actuel. En effet, de tels réacteurs, qui ne constituent que des concepts sur le papier aujourd'hui, ne devraient pas être disponibles avant 2035-2040 (ce qui reste au demeurant un objectif très optimiste). Selon des simulations réalisées*

⁴⁴ Teollisuuden Voima Oyj

par EDF, attendre 2035 pour renouveler le parc devrait conduire à une durée de vie de 57 ans pour les réacteurs actuels, ce qui ne semble pas raisonnable.

L'EPR est donc le candidat mis en avant par EDF pour être le **démonstrateur** attendu au début de la prochaine décennie. »⁴⁵

Le choix de l'EPR procède donc d'une juxtaposition de facteurs : la perspective temporelle du renouvellement du parc français (nécessaire à partir de 2020), le degré de maturité des différentes options technologiques qui s'offrent et s'offriront à l'horizon de ce renouvellement, les garanties offertes par la technologie disponible, en l'espèce l'EPR. Le choix technologique est donc fortement **contingent au rythme de développement des innovations** dans le secteur. Ce rythme de développement est appréhendé à travers l'utilisation d'un vocabulaire partagé visant à désigner les familles de réacteurs en fonction de l'horizon temporel de leur disponibilité. Les acteurs du nucléaire distinguent ainsi (voir **figure 12**) :

- les **réacteurs de « Génération II »**, qui correspondent très majoritairement aux réacteurs aujourd'hui en fonctionnement partout dans le monde (réacteurs à eau pressurisée et à eau bouillante pour l'essentiel), et dont la conception remonte à la période qui va des années 1960 au début des années 1980 ;
- les **réacteurs de « Génération III »**, qui correspondent aux réacteurs conçus pendant les années 1990, et qui intègrent donc les « retours d'expérience » en matière de sûreté des accidents de Three Mile Island et Tchernobyl, et dont le degré de maturité technologique, validé par les instances nationales d'évaluation de la sûreté, autorise d'ores et déjà leur industrialisation ;
- les **réacteurs de « Génération IV »**, considérés comme les « réacteurs du futur », dont les bases conceptuelles ont déjà été établies, et qui ont déjà donné lieu à des expérimentations, mais dont l'industrialisation n'est pas envisageable dans l'horizon des besoins immédiats et à court terme liés au renouvellement des parcs historiques et à la croissance mondiale des besoins en énergie.

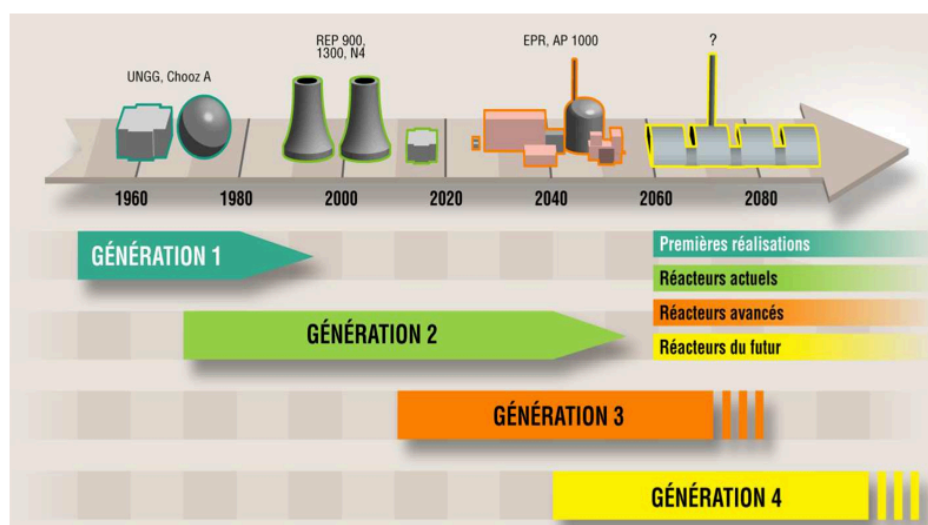


Figure 12 : Générations de réacteurs et horizon de disponibilité (source : documentation interne EDF)

⁴⁵ « La place de l'EPR dans la politique énergétique de la France », article faisant partie du « Dossier EPR » de la revue *Contrôle*, publication officielle de l'Autorité de Sûreté Nucléaire, 2005.

B. La « Génération IV » et au-delà : des innovations de rupture attendues, mais encore lointaines

Les efforts de Recherche et Développement, dans le domaine du nucléaire, se répartissent entre des activités de conception aux perspectives temporelles très hétérogènes. Ainsi, alors même qu'aucun des réacteurs de « Génération III », appelés à prendre la relève du parc historique, n'est encore à ce jour en fonctionnement, des fonds sont investis et des équipes de recherche s'activent dans plusieurs endroits de la planète pour mettre au point les principes des générations suivantes de réacteurs. Ces activités ont pour spécificité de donner lieu à une coopération internationale étroite, et à une mutualisation des efforts de recherche et des compétences. Ainsi, à l'initiative du *Department of Energy* (DOE) des États-Unis⁴⁶, a été lancé en 2000 le *Generation IV International Forum* (GIF), regroupant au départ dix pays (rejoints en 2005 et 2006 respectivement par les signataires du traité Euratom⁴⁷, puis par la Russie et la Chine), pour coordonner les efforts de R&D consacrés aux systèmes nucléaires du futur.

D'après Sapy (2012), il est attendu des réacteurs « du futur » qu'ils apportent des réponses en particulier à deux limites majeures des technologies existantes. D'une part, ils devront relever le défi de la sous-utilisation des ressources d'uranium naturel permise par les réacteurs industriels contemporains, « Génération III » inclus⁴⁸. Les différents procédés associés à la « surgénération » et à la « fertilisation » de l'uranium 238 pourraient ainsi permettre de multiplier par un facteur compris entre 40 et 50 la quantité d'uranium exploitable industriellement, et ainsi de « transformer le siècle de réserves prouvées d'uranium (en ordre de grandeur et au rythme de consommation actuel) en... plusieurs millénaires ! » (Sapy, 2012, p. 27). Cette perspective repousserait radicalement la perspective d'un épuisement des réserves de matière fissile, qui constitue une préoccupation majeure pour une industrie se présentant comme une alternative aux énergies fossiles naturellement limitées⁴⁹. D'autre part, ces réacteurs de quatrième génération devront avoir pour caractéristique de diminuer dans une

⁴⁶ Initiative qui prouve que les USA, épicerie historique de l'industrie mondiale du nucléaire civil, sont, en dépit du gel de leur programme d'équipement en centrales depuis TMI, loin d'avoir renoncé à ce statut, et encore moins à cette source d'énergie et aux efforts de R&D qu'elle appelle.

⁴⁷ L'Euratom (ou CEEA, Communauté Européenne de l'Énergie Atomique), issue d'un traité européen de 1957 est une émanation de la Communauté Économique Européenne destinée à coordonner les efforts de recherche des États membres dans le domaine du nucléaire.

⁴⁸ L'uranium 235 est le seul nucléide fissile existant naturellement (les autres nucléides fissiles, comme le plutonium 239, ne peuvent être que produits artificiellement), c'est-à-dire pouvant subir une fission nucléaire sous l'effet d'un bombardement de neutrons. C'est pourquoi il fait l'objet d'une utilisation abondante par l'industrie nucléaire. Mais la matière extraite dans les mines uranifères (qui, après différents traitements, se présente sous la forme d'une pâte jaune surnommée « yellow cake » composée de 75% d'uranium naturel), ne contient que 0,7% d'isotopes 235, le reste étant de l'uranium 238. La matière extraite est donc ensuite retraitée (par deux procédés principaux : la diffusion gazeuse ou l'ultracentrifugation) pour être *enrichie* afin de porter sa teneur en uranium fissile à un niveau compris entre 3 et 5%, requis par les réacteurs de puissance. L'uranium enrichi est enfin transformé pour prendre la forme qui conviendra à son utilisation par le réacteur : il est comprimé sous forme de pastilles, qui sont à leur tour encapsulées dans une gaine (en alliage de zirconium dans les réacteurs REP) pour former les « crayons » qui composeront les « assemblages combustibles », dans lesquels seront insérées les « barres de contrôles » destinées à maîtriser la réaction en chaîne. Toutes ces étapes forment ce que l'on appelle le cycle « amont » du combustible, et sont orchestrées, en ce qui concerne la filière française, par Areva NC (ex-Cogema).

⁴⁹ La France importe depuis 2001 l'intégralité de l'uranium utilisé dans ses centrales nucléaires, et EDF a adopté une stratégie de diversification des sources d'approvisionnement, tant quant aux entreprises fournisseuses que géographiquement. Les principaux pays auprès desquels EDF se fournit sont le Canada, l'Australie, le Kazakhstan et le Niger, pays qui concentrent plus de deux tiers des ressources mondiales (source : EDF).

proportion très significative (un facteur 10) la production de ce que l'on appelle les « déchets ultimes », à *haute activité et vie longue* (HAVL).

La dépendance à des réserves limitées d'uranium, et la production des déchets ultimes faisant partie des principaux motifs des critiques adressées au caractère durable et écologique de la filière électronucléaire, de telles innovations pourraient contribuer à accroître l'acceptabilité sociale de cette industrie. Mais aucune des filières de recherche actuellement considérées par le GIF comme prometteuses pour progresser dans ce sens⁵⁰ n'a, à l'heure actuelle, atteint des niveaux de maturité, de maîtrise et de sûreté suffisamment éprouvés pour envisager une véritable industrialisation. Sapy indique que la filière la plus mûre est certainement la filière des réacteurs à neutrons rapides à caloporteur sodium, qui a bénéficié des efforts de recherche à grande échelle consentis par la France, avec les réacteurs de *Phénix* (site de Marcoule, arrêté en 2010), et *Superphénix*⁵¹ (site de Creys-Malville, arrêté en 1997 sur décision du gouvernement Jospin), exploités conjointement par EDF et le CEA. Mais la construction d'un prototype en France ne pourrait pas avoir lieu avant les années 2020, ce qui permettrait d'envisager une utilisation industrielle à l'horizon de la décennie 2040. Au cours des mandats successifs de Jacques Chirac et Nicolas Sarkozy, le choix a ainsi été fait de revenir sur la décision du gouvernement Jospin, et de relancer la filière des surgénérateurs en France : en 2006 est ainsi né le projet ASTRID⁵² piloté par le CEA, qui a été reconnu comme « investissement d'avenir » par la commission du grand emprunt en 2010. Le retour de la gauche au pouvoir en 2012 a donné lieu à des controverses au sujet de ce projet, et force est de constater qu'un flou relatif entoure son avenir à l'heure actuelle, le gouvernement faisant preuve d'une grande discrétion sur l'ensemble des sujets relatifs au nucléaire (le sujet symbolique de la fermeture anticipée de Fessenheim mis à part).

Outre cette perspective de réacteurs de « Génération IV » coordonnée par le GIF, l'industrie nucléaire déploie également des efforts de recherche en vue d'une rupture technologique encore plus fondamentale : les réacteurs de fusion. Cette voie d'exploration est associée principalement au projet ITER⁵³, lancé en 1985 (à l'initiative de l'Union Soviétique), et qui a abouti à la décision de construire une machine expérimentale sur le site du CEA à Cadarache (Bouches-du-Rhône), qui pourrait être achevée aux alentours de 2020, pour être expérimentée jusque vers 2040. Si les résultats de ces expérimentations s'avèrent positifs, la construction de machines électrogènes industrielles fondées sur ces principes ne pourra pas intervenir avant 2080. Cet horizon est évidemment beaucoup trop lointain pour pouvoir raisonnablement considérer la fusion nucléaire comme une réponse à la croissance des besoins en énergie qui se produira au cours du siècle en cours.

En conséquence, que l'on considère la perspective de la « Génération IV » qui présente déjà des garanties solides d'une industrialisation potentielle dans l'horizon du demi-siècle en cours, ou celle,

⁵⁰ Il s'agit de quatre filières dites à neutrons rapides » (sodium liquide, plomb liquide, eau supercritique et hélium), ainsi que deux filières à « neutrons thermiques » (réacteurs à très haute température refroidis à l'hélium, et réacteurs refroidis par les sels fondus).

⁵¹ La référence au Phénix, l'animal mythologique renaissant de ses cendres, est un clin d'œil aux principes de la surgénération, puisque les générateurs de ce type ont la capacité de produire plus de matière fissile qu'ils n'en consomment.

⁵² *Advanced Sodium Technological Reactor for Industrial Demonstration*.

⁵³ *International Thermonuclear Experimental Reactor*

beaucoup plus lointaine et hypothétique, des réacteurs de fusion, l'industrie nucléaire ne peut pas se permettre d'attendre leur maturité technologique : elle doit en effet apporter des réponses à des besoins à court et moyen termes. C'est ainsi qu'elle n'a pas d'autre choix que d'opter pour une industrialisation rapide des options technologiques *les plus mûres et les plus avancées* à sa disposition. C'est précisément le rôle qui est dévolu aux réacteurs dits de « Génération III ».

C. EPR et la « Génération III » : des réacteurs « évolutionnaires » pour des besoins de court terme

Les réacteurs de « Génération III » sont souvent présentés⁵⁴ comme des réacteurs « évolutionnaires ». Cette terminologie est en fait à double sens, dans la mesure où elle sert d'une part à distinguer la gamme de réacteurs concernés des réacteurs plus anciens, par rapport auxquels ils apportent des progrès, et d'autre part à opérer une distinction par rapport aux réacteurs qui seraient proprement *révolutionnaires* dans leur conception. Cette prudence lexicale peut s'expliquer par un souci de communication vis-à-vis du grand public, qui attend à la fois des nouveaux réacteurs qu'ils apportent plus de garanties que les tranches du parc historique (dont la conception est antérieure à l'accident Tchernobyl), mais qui serait probablement réticent à une trop grande prise de risque et à l'implémentation à grande échelle de technologies n'ayant pas suffisamment apporté la preuve de leur robustesse. Dans le cas français, la longue focalisation des critiques des « anti-nucléaires » et des craintes de la population sur le prototype *Superphénix* est certainement une bonne illustration de cette réticence.

Le vocabulaire illustre également un rapport ambivalent aux réacteurs de la « Génération II ». Certes, cette génération est associée à des accidents (Three Mile Island, Tchernobyl, et maintenant Fukushima) dont la gravité commande des améliorations visant à empêcher qu'ils puissent se reproduire. Mais ces nombreux réacteurs ont, par ailleurs, dans leur très grande majorité, fonctionné sans incident majeur à un coût considéré comme compétitif, et il importe de pouvoir également s'appuyer sur cette expérience considérable accumulée de fonctionnement réussi à grande échelle. L'adjectif « évolutionnaire » témoigne donc d'une volonté de ne pas s'écarter d'une trajectoire technologique *éprouvée*, et de porter celle-ci à son plus haut niveau de perfectionnement. Les réacteurs de « Génération III » doivent donc être suffisamment différents des réacteurs de « Génération II » pour répondre à la montée des exigences autour de la sûreté, de l'impact environnemental, ou encore du coût économique... tout en restant suffisamment proches de ceux-ci pour que les *millions d'heures d'expérience* de fonctionnement accumulée constituent un *capital utile*. Dans le « Dossier EPR » publié par l'Autorité de Sûreté Nucléaire en 2005 (cité plus haut), Serge Massart, alors directeur de la Division Ingénierie Nucléaire (DIN) d'EDF, présente ainsi l'« *approche évolutionnaire* » retenue pour la conception de l'EPR comme celle qui « *permet de tirer tout le fruit des connaissances technologiques et de l'expérience d'exploitation accumulée sur les parcs des deux pays [la France et l'Allemagne] (environ 1300 années × réacteurs cumulées), offrant ainsi une bonne sécurité pour l'investisseur* »⁵⁵

⁵⁴ Le terme est employé par les concepteurs de ces réacteurs (Areva par exemple), et repris par les institutions transnationales du nucléaires, telle que l'AIEA ou l'AEN.

⁵⁵ « La place d'EPR dans la stratégie d'EDF », « Dossier EPR » de la revue Contrôle, publication officielle de l'Autorité de Sûreté Nucléaire, 2005 (p. 60-64).

Ainsi, la terminologie de « Génération III » ne doit pas masquer le fait que **les réacteurs désignés par ce vocable ne dévient pas de la lignée des réacteurs à eau légère** (que celle-ci soit pressurisée (REP) ou bouillante (REB)) qui composent le parc actuellement en marche, et auxquels ils empruntent les grands principes d'architecture et de fonctionnement. L'EPR, l'exemple qui nous intéresse ici, est en effet un *dérivé de réacteurs de seconde génération*, puisque la logique de sa conception a été de « *reprend[re] les meilleures technologies des réacteurs N4 français et des KONVOI allemands* », ainsi qu'il est présenté par des ingénieurs du CEA, de l'IRSN, de Framatome et d'EDF⁵⁶, dans le « Rapport EPR » de l'ASN en 2005. Georges Sapy affirme par ailleurs que l'EPR « *conserve une architecture générale éprouvée : réacteur « évolutionnaire » et non « révolutionnaire », il s'appuie en effet sur le meilleur des conceptions des réacteurs existants les plus récents construits et exploités en France et en Allemagne, dont il constitue en quelque sorte la synthèse et l'évolution ultime* » (2012, p. 24).

Ce que le saut générationnel suggéré par le vocabulaire exprime cependant, c'est le fait que les réacteurs de « Génération III » seront les premiers mis en service qui intégreront les leçons tirées de la catastrophe « charnière » de Tchernobyl, puisque tous les réacteurs aujourd'hui en fonctionnement sont de conception plus ancienne. Le rythme de l'innovation dans le nucléaire est ainsi fait que c'est seulement près de 30 ans après la catastrophe que *commenceront* à être mises en marche des installations qui seront censées en avoir épuisé les enseignements, et ce dès leur conception de base.

Par conséquent, le principal objectif assigné à l'EPR fut **l'amélioration de la sûreté** de façon générale, et, plus précisément, la prise en considération des conséquences de potentiels accidents graves, d'une part en réduisant la probabilité d'une fusion du cœur, d'autre part via la minimisation de l'impact radiologique d'un accident en dehors de l'enceinte de confinement du bâtiment réacteur. Parmi d'autres innovations destinées à prévenir et limiter l'impact d'accidents graves⁵⁷, l'une des principales nouveautés introduites avec l'EPR réside dans l'installation d'un dispositif de récupération du corium⁵⁸ placé sous la cuve. Par ailleurs, l'EPR apporte plus de garanties que ses prédécesseurs quant à sa capacité à résister à des actes malveillants, notamment par la conception de son enceinte de confinement⁵⁹, et ses systèmes de « redondance » (générateurs diesel, par exemple) destinés à pallier des défaillances des systèmes principaux de refroidissement ou d'alimentation électrique sont diversifiés et renforcés.

⁵⁶ « La R&D en appui de l'EPR », par Jean-Marie Seiler, Directeur de Recherche au CEA/DEN/DTN/Cadarache, Garo Azarian, Ingénieur au Service Sûreté - FRAMATOME/ANP La Défense, Bernard Chaumont, DSR, Chef du Service d'Evaluation des accidents graves et des rejets radioactifs - IRSN/Fontenay-aux-Roses, Alain Dubail, Responsable du Programme Nucléaire à EDF/Chatou, Manfred Fischer, FRAMATOME/ANP/Allemagne. Dans le « Dossier EPR » de la revue « Contrôle » (citée plus haut, p. 42-46).

⁵⁷ Innovations synthétisées ainsi par Seiler *et. al.*, cités plus haut : « *En situations d'accidents graves sur l'EPR, les objectifs ci-dessus peuvent être atteints au moyen d'une stratégie de mitigation permettant d'assurer l'intégrité de l'enceinte de confinement. La stratégie repose essentiellement sur la possibilité de dépressuriser de manière fiable le circuit primaire, sur l'implantation de recombineurs d'hydrogène dans l'enceinte, sur la mise en place d'une double enceinte avec filtration pour réduire les risques de fuite radiologiques et in fine sur la conception d'un récupérateur de corium chargé d'assurer une stabilisation du corium sur le long terme* » (p. 42)

⁵⁸ Le corium n'est pas un élément chimique mais un « magma » métallique composé des éléments en fusion du cœur d'un réacteur lorsque se produit une « fusion du cœur », type d'accident majeur qui survint notamment lors des catastrophes de Three Mile Island, Tchernobyl et Fukushima. Une fusion du cœur intervient lorsqu'il existe une perte totale des moyens de refroidir le cœur du réacteur. C'est autour de la possibilité d'un tel accident que sont construits les principes de sûreté des réacteurs.

⁵⁹ « *L'enceinte de confinement du réacteur est dotée d'une double paroi, constituée d'une enveloppe intérieure en béton précontraint recouverte d'une peau métallique, et d'une coque extérieure en béton armé* » (source : site officiel d'Areva).

Par ailleurs, l'EPR doit permettre une **réduction de l'impact environnemental** de l'exploitation, en accroissant les possibilités de recyclage du plutonium produit lors de la réaction⁶⁰, et en minimisant la production de déchets à haute activité. Ces changements de design autant tant la sûreté qu'un moindre impact environnemental s'accompagnent enfin d'innovations permettant un **accroissement des performances économiques**, puisque l'EPR doit permettre une réduction de 10% du prix du KWh par rapport au palier N4. Sa puissance électrique est ainsi portée à 1650 MW (contre 1450 pour le N4), ce qui en fait le réacteur électronucléaire le plus puissant actuellement en construction dans le monde⁶¹. Son rendement thermodynamique passe de 34 à 36%. Sa durée de vie passe de 40 à 60 ans. Enfin, son « taux de disponibilité » théorique, un des indicateurs majeurs de la « performance » d'un réacteur⁶², est porté à 90% contre 82% sur le N4.

Compte tenu de ces caractéristiques, que vaut l'EPR sur le marché mondial des réacteurs ? Et qui sont ses principaux concurrents ? Il est encore probablement trop tôt pour répondre à la première question, pour la simple et bonne raison qu'aucun EPR n'ayant encore commencé à fonctionner, sa diffusion sera largement conditionnée par le comportement des « têtes de série » actuellement en construction (Olkiluoto, Flamanville et Taishan). En outre, si l'EPR a enregistré un certain nombre de revers commerciaux (aux Etats-Unis et aux Émirats Arabes Unis en particulier), il n'est pas le seul réacteur actuel à avoir connu ce type de mésaventure. On sait aujourd'hui quels seront, pour l'essentiel, les acteurs et les réacteurs qui se disputeront le marché du « Nouveau Nucléaire » articulé autour de la « Génération III ». Cinq puissances nucléaires disposent aujourd'hui des capacités d'ingénierie pour pouvoir être présentes sur le marché : la Corée du Sud, les Etats-Unis, la France, le Japon et la Russie. L'offre se structurera en deux types de réacteurs. D'une part, les *réacteurs de moyenne puissance*, qui pourraient séduire les pays émergents ou en développement, et parmi lesquels on retrouvera l'OPR 1000 coréen (qui a damé le pion à l'EPR aux Émirats), l'ATMEA 1 (1100 MW) d'Areva, et l'AP 1000 de Westinghouse/Toshiba. D'autre part, les réacteurs *haute puissance*, auxquels l'EPR appartient, mais également l'APWR de Mitsubishi, l'ESBWR (1550 MW) de General Electric/Hitachi.

La « bataille » que se livreront ces différents acteurs pour la conquête du marché du « Nouveau Nucléaire » des trente premières années du XXI^e siècle ne fait que commencer, comme en témoigne le faible nombre de commandes enregistrées à ce jour par les différents réacteurs de « Génération III » au regard des besoins potentiels à couvrir. L'accident de Fukushima n'est certainement pas étranger à cette relative latence de la compétition, ayant en effet renforcé la prudence des décisionnaires politiques en matière de nucléaire (y compris dans les pays les plus pro-nucléaire comme la France). Mais il est certain que cette compétition à venir ne se jouera pas sur les seules caractéristiques *sur le*

⁶⁰ L'EPR permet d'utiliser 100% de combustible de type MOX (Mélange d'Oxydes), composé d'un mélange de plutonium créé par capture neutronique de l'uranium 238 lors de la réaction, et d'uranium appauvri issu du processus d'enrichissement de l'uranium. Là où les réacteurs actuels ne peuvent en utiliser que 30% (le reste étant le combustible traditionnel UOX).

⁶¹ L'APWR de Mitsubishi-Westinghouse sera censé être plus puissant (1700 MW), mais suite à plusieurs annulations, aucun n'est en construction à ce jour.

⁶² Le taux de disponibilité mesure, sur une période de temps, la proportion du temps où le réacteur génère effectivement de l'énergie. La non-disponibilité provient d'arrêts programmés (pour de la maintenance en particulier, ou pour des tests), d'arrêts non programmés ou d'avarie. A noter que cet accroissement de la disponibilité pour l'EPR sera en grande partie permis par le développement de systèmes de « maintenance en fonctionnement ».

papier des différents réacteurs en présence. Un paramètre essentiel sera en effet la maîtrise, par les opérateurs de construction, des coûts et des délais de construction et de mise en fonctionnement. Et donc, en dernière instance, la *capacité industrielle* des « architectes » à mettre en œuvre ces projets aux meilleures conditions.

Cette question a surgi sur le devant de la scène médiatique au moment où EDF et Areva enregistraient leurs premiers retards et surcoûts sur les projets « démonstrateurs » d'Olkiluoto et Flamanville. Dans les médias, lorsque l'on cherche à expliquer ces difficultés, une première explication circule alors : l'EPR serait un réacteur extrêmement *complexe* (voire excessivement complexe, pour certains détracteurs). Ainsi, dans un article du *Figaro* du 5 juillet 2010⁶³, le journaliste s'interroge sur la complexité de l'EPR, en se demandant si, comme l'explique EDF, le chantier est complexe *parce qu'il est le premier du genre* (« tête de série »), ou s'il l'est *parce que l'EPR est une technologie intrinsèquement coûteuse et complexe*, ce qui hypothéquerait ses chances de conquérir les marchés émergents. Mais rapidement, une deuxième hypothèse fait son apparition : l'origine des difficultés ne serait pas seulement à rechercher du côté du produit lui-même, mais également du côté de ceux qui ont la charge de le concevoir et de le construire : à savoir les équipes d'EDF, Areva, et de leurs différents fournisseurs. Dans un article du *Monde* du 31 août 2011⁶⁴, une journaliste avance ainsi : « *EDF a sous-estimé la lourdeur et la complexité du projet. Et l'ingénierie nucléaire française a perdu de son savoir-faire et de sa performance, dans la mesure où vingt ans séparent la dernière centrale construite, à Civaux, dans la Vienne, de Flamanville* ».

En réalité, comme nous allons le voir, cette question du maintien ou de la perte du « savoir-faire » des équipes d'ingénierie a été présente, quoiqu'en filigrane, dans l'ensemble des discussions ayant trait aux enjeux de planification à long terme du renouvellement du parc nucléaire français, et en particulier à propos de la date à laquelle il conviendrait de construire une « tête de série ». Ainsi, outre les facteurs « disponibilité des technologies innovantes », « besoins en électricité » et « durée de vie des réacteurs existants », un autre paramètre était présent dans l'équation : celui de la « compétence » ou de la « capacité » des équipes d'ingénierie *au moment où l'on aurait besoin d'elles pour engager des projets*.

3) Un débat en creux : quelles capacités d'ingénierie pour soutenir le renouveau de l'activité de construction de réacteurs ?

A. Retour sur la genèse du projet EPR

La construction d'une « tête de série » EPR à Flamanville a démarré en 2007, à la suite d'un DAC (Décret d'Autorisation de Création) signé entre les deux tours de l'élection présidentielle par Jacques Chirac, mais ce démarrage aurait pu techniquement intervenir beaucoup plus tôt, c'est-à-dire près de

⁶³ « L'EPR : un réacteur coûteux et très complexe à construire », F. de Monicault, *Le Figaro* du 05/07/2010

⁶⁴ « L'EPR, chronique d'un chantier qui s'enlise », A. Garric, *Le Monde*, 31/08/2011

dix ans auparavant. Nous verrons que cela n'a pas été le cas, notamment en raison d'indécisions politiques, et que ce délai a suscité, à l'époque, de vifs débats et interrogations sur les conséquences d'une phase de latence prolongée. Avant d'y revenir, nous présentons brièvement quels furent les grands jalons de l'avant-projet de l'EPR au cours des années 1990.

L'acte de naissance du projet EPR est signé le 13 avril 1989, lorsqu'est scellée une alliance stratégique entre Framatome et l'électricien allemand Siemens. Cette alliance est issue d'une impulsion politique forte, alors que la coopération franco-allemande bat son plein, sous l'égide des présidences Mitterrand-Kohl. Elle se concrétise par la création d'une société d'ingénierie codétenue à égalité par les deux sociétés, *Nuclear Power International* (NPI). Cette société est chargée d'une double mission :

- elle doit faire naître un îlot nucléaire de « technologie commune » (appelé « Produit Commun »), appuyée par une coopération avec les électriciens et les autorités de sûreté des deux pays. Ce nouveau réacteur sera censé intégrer les retours d'expérience cumulés des parcs nucléaires des deux pays, et intégrer les avancées technologiques les plus récentes en vue d'optimiser la sûreté. Mais il devra également viser une réduction des coûts d'exploitation, et faire en sorte que le nucléaire, *tout en étant plus sûr, reste compétitif* par rapport aux énergies fossiles ;
- elle doit également commercialiser et réaliser des îlots nucléaires à l'export, chaque société restant « maître » sur son marché domestique. Elle doit donc servir d'appui à l'ambition d'une exportation des compétences développées par les sociétés des deux pays en matière d'ingénierie et de réalisation.

Pendant les premières années du projet, NPI travaille sur le Produit Commun, cependant que les constructeurs nationaux poursuivent leurs programmes respectifs de conception de nouveaux réacteurs sur la base de ceux le plus récemment mis en fonctionnement : EDF/Framatome travaillent sur un projet dénommé REP 2000 qui doit prendre la relève du N4, et le Konvoi B pour l'Allemagne. Entre 1990 et 1993 s'opère un rapprochement progressif à la fois des électriciens et des constructeurs de réacteurs, mais aussi des autorités de sûreté nationales. Ce processus de convergence aboutit, le 14 janvier 1992, à la fusion des deux programmes nationaux et du programme Produit Commun, qui ne deviennent qu'un seul et même projet : *European Pressurized Water Reactor* (EPR). Parallèlement, les autorités de sûreté française et allemande mutualisent leurs objectifs de sûreté, et publient en 1993 une déclaration commune pour une approche conjointe de la sûreté. En janvier 1995, les deux autorités émettent un avis sur les principes de sûreté retenus pour l'EPR. Sur la base de cet avis, s'engage officiellement la phase d'Avant-Projet Détaillé (APD, ou *Basic Design*), auxquels, outre les industriels (Siemens et Framatome, et leur structure commune), sont contractuellement associés les électriciens nationaux (EDF et ses multiples homologues allemands). Le *Basic Design* est achevé autour du mois de juin 1997, au moment où un rapport sur l'APD est remis aux autorités de sûreté. Au total, cette phase aura nécessité environ un million d'heures d'ingénierie, aboutissant à la production d'un millier de documents et de 700 plans.

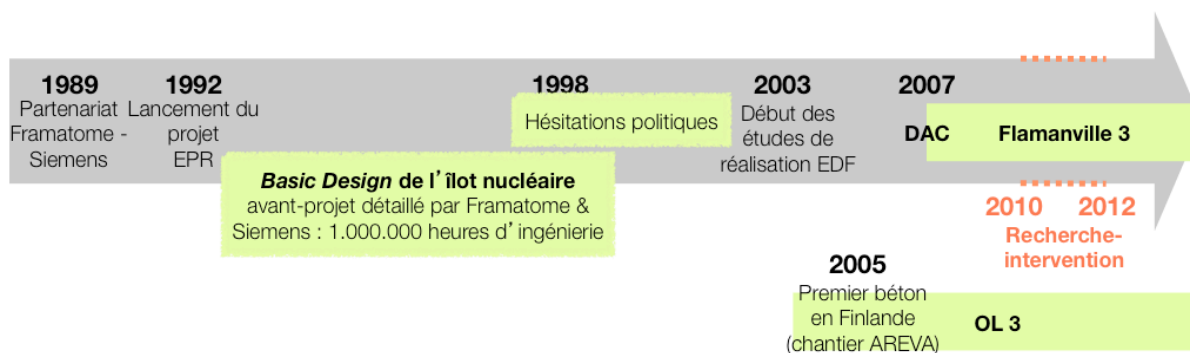


Figure 13 : Jalonnement global du projet EPR

Ainsi, aux alentours de 1997-1998, il aurait été *techniquement* possible d'ouvrir les procédures (notamment légales et de débat public) en vue de passer commande de réacteurs de type EPR, pour pouvoir emboîter le pas des études réalisées. Or, la première autorisation de construction d'une centrale EPR ne sera signée qu'en février 2005 en Finlande. En France, après une période de débats publics entre 2005 et 2007, EDF est autorisé par décret à construire un EPR sur le site de Flamanville le 11 avril 2007, soit bien plus tard, comme nous allons le voir, que le souhait initial de nombre d'acteurs de la filière.

B. Quand construire un EPR en France ? Hypothèses rétrospectives

En 1998, l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST) commande au député de Haute-Savoie Claude Birraux un « Rapport sur le contrôle de la sûreté et de la sécurité des installations nucléaires », dont le premier volet s'intitule « Rapport sur le projet de réacteur nucléaire franco-allemand ». À cette date, le *Basic Design* est donc achevé, l'Autorité de Sûreté Nucléaire doit rendre son avis sur les choix de conception en matière de sûreté, cependant qu'EDF et Framatome s'activent pour « optimiser » le design en vue de maximiser l'efficacité économique de l'EPR. Le projet est donc tout proche de pouvoir déboucher sur une construction rapide. Toutefois, comme nous l'avons précisé plus haut, cette époque coïncide avec le retour au pouvoir d'une gauche ayant fait alliance avec des écologistes, qui tiennent un ministère « clé », celui de l'environnement (Dominique Voynet). Cette alternance politique s'est traduite par un signal très fort en défaveur du nucléaire, avec la fermeture accélérée de *Superphénix*. Le gouvernement Jospin, qui comporte également des partisans résolus du nucléaire (socialistes et communistes), joue la prudence, et opte pour un « ni-ni » en matière de nucléaire. Ni décision de sortir le nucléaire comme les Allemands, et comme y invitent les Verts ; ni engagement de nouveaux projets de construction de réacteurs.

Les opposants à la construction d'un EPR disposent d'un argument solide : la France n'a pas besoin, à court terme, d'un nouveau réacteur, d'autant moins d'un réacteur aussi puissant et coûteux. Le rapport Birraux précise ainsi : « la réalisation d'une tête de série est inutile en France car elle aggraverait notre *surcapacité* ; elle semble improbable pour des motifs politiques en Allemagne » (Titre III, Chap. II, I. A).

Dans un rapport⁶⁵ commandé par Lionel Jospin à trois experts, René Pellat (CEA), Jean-Michel Charpin (Commissaire au Plan) et Benjamin Dessus (CNRS), il est également précisé que « *par rapport aux autres compagnies électriques, le parc nucléaire actuel d'EDF souffre d'un handicap lié à une surcapacité, qui conduit à un non fonctionnement en base de ses réacteurs nucléaires. C'est-à-dire que les réacteurs sont opérationnels mais la puissance produite est inférieure à la puissance nominale* ». Cette surcapacité ne sera en outre résorbée qu'à long terme, par l'accroissement de la population et de la consommation d'électricité.

En conséquence, cette surcapacité est, pour le rapport Birraux, ce qui rend improbable le scénario d'une construction « au plus tôt » d'un EPR, souhaité par les dirigeants de l'industrie nucléaire française :

« Cette hypothèse, qui a la faveur des milieux de l'industrie nucléaire, implique le lancement d'une première réalisation dans le prolongement de la phase d'optimisation du projet. Ceci correspondrait à une décision vers 2000, conduisant à un début de construction vers 2002 pour un démarrage à l'horizon 2008. Cette première réalisation, qui jouerait le rôle d'un démonstrateur, permettrait de valider la conception du réacteur, d'établir la compétitivité future du palier et d'assurer le retour d'expérience, et, par là, de traiter notamment les inévitables "premières pannes de jeunesse" » (Titre III, Chap. II, I. A).

Ainsi, il existe une conscience partagée que cette hypothèse « au plus tôt » est tout à fait *possible*, mais qu'elle est très peu *probable*, compte tenu de la conjoncture politique (en France, et plus encore en Allemagne), et de l'argument massif de ne pas accentuer la surcapacité du parc. Mais quand faudrait-il, par conséquent, engager la construction d'un EPR « tête de série » ? Pour répondre à cette question, il faut commencer par se projeter dans l'horizon du renouvellement des réacteurs existants. Comme nous l'évoquions précédemment, 2020 constitue une date de référence, puisque c'est à ce moment là que seront nécessaires les premiers remplacements, sous réserve que la France choisisse d'au moins maintenir sa capacité de production actuelle, et qu'elle ne s'aventure pas dans une prolongation massive et globale de la durée de vie de ses centrales. Dans cette perspective, il est nécessaire, pour le rapport Birraux, de « *maintenir l'option nucléaire ouverte à l'horizon 2010* », ce qui signifie d'être capable d'engager un chantier à cette date, ce qui constitue l'hypothèse « au plus tard ». Mais, ajoute-t-il aussitôt, « *la difficulté de cette hypothèse réside dans le trou d'une dizaine d'années qu'elle implique, qui se traduira par une perte de compétence en matière de recherche et une dégradation du savoir-faire des industriels* » (Titre III, Chap. II, I. B).

Ainsi, le rapport met le doigt sur un paramètre décisif du choix de la date de lancement d'un EPR. Celle-ci ne peut en effet, selon lui, être dictée par les seuls impératifs liés aux besoins en énergie et à la disponibilité des technologies. Elle doit également **tenir compte des enjeux internes de compétence et de capacité des industriels**. Dans un chapitre intitulé « Les effets de la non-réalisation du projet EPR pour les industriels » (Titre III, Chap. III.), le député Birraux restitue ses investigations auprès de diverses parties prenantes de l'industrie quant à l'impact potentiel d'une décision « au plus tard ». Après avoir donné quelques grandes données quant à l'impact quantitatif du « trou d'activité » sur le chiffre d'affaires et l'emploi pour Framatome (qui traverse alors, selon le jeu de mots de son PDG

⁶⁵ « Étude économique prospective de la filière nucléaire : rapport au Premier ministre », *La Documentation Française*, Décembre 2000.

Dominique Vignon, une période d'« hiver nucléaire »), Claude Birraux conclut que « *la vitalité d'une entreprise de haute technologie ne peut pas être appréciée sur la seule base de sa santé financière. Or, en dix ans d'inactivité, les équipes se délitent, ne serait-ce qu'à cause des départs à la retraite non remplacés* » (ibid.). Pour appuyer son propos, il relaye l'opinion des responsables des centrales syndicales auditionnées par la commission parlementaire, au sujet de la perspective de construction d'un EPR (CGT-Énergie, CFDT, Force Ouvrière). Si, sans surprise, ceux-ci appuient sur l'importance d'une activité pour maintenir ou accroître le niveau d'emploi, il est frappant de constater que les trois convergent très nettement pour souligner l'enjeu de maintien des compétences sous-jacent à la question de la planification du renouvellement du parc. Le représentant de CGT-Énergie est ainsi très affirmatif :

*« Faut-il un EPR, et rapidement ? Notre réponse est oui et **plus on tardera, plus on détruira les cohérences industrielles** et économiques qui sont les nôtres aujourd'hui [...] ce n'est pas seulement la question de l'emploi mais aussi celle des **compétences**, parce que cette industrie tire en France la qualification des salariés vers le haut. Est-ce que, véritablement, nous devons abandonner ces compétences de haut niveau qui se développent dans notre industrie avec les enjeux majeurs qui sont derrière ? [...] Compte tenu du retour d'expérience du programme nucléaire depuis la moitié des années 70, nous avons la nécessité, pour moult raisons, **d'un lissage du renouvellement du parc** [...] Cependant, il me semble que **nous éviterions tous les à-coups néfastes à la pérennité des compétences** si nous obtenions ce lissage, et je crois que si nous voulons l'obtenir, et si nous sommes d'accord pour dire que, tôt ou tard, on aura besoin du nucléaire, **il nous faut la construction d'un projet EPR rapidement, avant qu'il ne soit trop tard** ».*

Les propos du représentant de la CFDT (rapportés par C. Birraux), quoique moins détaillés, confortent cette position :

*« Il est **terriblement important que nos compétences soient maintenues**, ce qui rend nécessaire des investissements permanents sur le parc nucléaire ».*

Enfin, les responsables de FO considèrent que l'hypothèse d'une construction « au plus tard » aurait des conséquences dévastatrices. Reprenant ses propos, Claude Birraux indique ainsi que :

*« les représentants de cette organisation ont particulièrement insisté auprès de moi sur la nécessité **d'éviter que survienne un trou de dix ans** dans le plan de charge des entreprises, qui entraînerait **une perte de compétence irrattrapable**. Pour eux, cette situation pourrait être évitée si un premier béton était engagé vers 2003 pour que soit achevée une tête de série vers 2010 avec une mise en service vers 2012, permettant d'engager vers 2017 des tranches en bénéficiant d'un retour d'expérience ».*

Il apparaît ainsi qu'aux temporalités économiques (anticipations des besoins en énergie), technologiques (durée de vie des centrales en cours, disponibilité de nouvelles technologies satisfaisantes), une autre temporalité doit être intégrée aux processus de décision en matière de construction de réacteurs : la **temporalité des compétences**, de la capacité industrielle des acteurs. Les responsables syndicaux insistent ainsi sur le caractère critique de ces compétences, et des graves dangers encourus à ne pas les envisager dans leur dynamique propre, c'est-à-dire à considérer qu'elles resteront *quoiqu'il advienne* ce qu'elles sont aujourd'hui. La tonalité alarmiste de leur discours (« destruction », « perte irrattrapable », « terriblement important », « avant qu'il ne soit trop tard ») illustre l'ampleur de leurs inquiétudes quant à la perspective d'une interruption trop longue de l'activité d'architecture, de conception et de pilotage de nouveaux projets. Le député reprend, dans la

conclusion de son rapport, ce même registre argumentatif, en mettant en avant le coût que représenterait le fait de reprendre l'activité après une interruption trop longue :

« Cette position [le maintien de l'option nucléaire à long terme] implique le maintien des compétences de l'industrie nucléaire car le coût nécessaire à la reconstitution des compétences serait prohibitif. Or, que faire entre 2000 et 2010 si l'EPR n'est pas réalisé ? Dix années de recherches théoriques permettront certainement de maintenir un haut niveau de recherches en physique nucléaire mais le savoir-faire industriel, qui est extrêmement précieux, implique également des connaissances pointues et l'existence d'un réseau de sous-traitants et d'industriels aux standards de qualité qui ne sont pas ceux du reste de l'industrie. [...] Il est clair que la simple maintenance du parc actuel ne suffira pas pour maintenir le tissu industriel. Cette situation n'est pas propre au secteur nucléaire, mais à toutes les entreprises de haute technologie où les acteurs qui n'avancent pas reculent ».

Finalement, comme on le sait, l'option « au plus tôt » n'a pas pu être retenue, notamment en raison de contingences politiques. C'est ainsi qu'il a fallu, pour les acteurs du nucléaire, attendre le changement de majorité intervenu en 2002 (réélection de Jacques Chirac) pour voir la situation progressivement se décanter. À partir de 2003, EDF commence à entrevoir des perspectives favorables, et instruit un dossier de maîtrise d'ouvrage destinée à servir de base au débat public prévu par la loi pour toute construction de nouvelle installation nucléaire. Ce débat a lieu entre 2005 et 2007, et à partir de 2005, les ingénieurs de la Direction de l'Ingénierie Nucléaire (DIN) d'EDF entament la phase dite d'« études de réalisation » (c'est-à-dire de traduction de l'Avant-Projet Détaillé en vue d'une réalisation industrielle) pour pouvoir initier le chantier à Flamanville en 2007.

Au cours de ce débat, EDF va reprendre à son compte l'argument de la nécessité d'un maintien des compétences pour justifier le *timing* de construction d'un premier EPR, et la nécessité corrélative d'un « lissage » du renouvellement du parc pour éviter les « à-coups ». Sauf que, par rapport aux années 1997-98, un nouvel enjeu critique est venu s'ajouter au problème de l'impact d'un « trou » d'activité sur les compétences d'ingénierie : il s'agit de l'enjeu du *renouvellement très profond et très rapide de ses ressources humaines*, en particulier dans le domaine du nucléaire (exploitation et ingénierie confondus) qu'EDF s'apprête à traverser. Dans des synthèses de sessions de questions/réponses ouvertes aux internautes, on peut ainsi lire les réponses suivantes apportées par la communication du groupe, et qui résument bien la position de l'entreprise sur ces questions :

*« Le lancement de l'EPR contribuerait bien sûr à **entretenir et à développer les compétences d'ingénierie de conception**, de fabrication et d'exploitation du nucléaire.*

Ces compétences sont stratégiques pour l'entreprise. Elles lui permettent, aujourd'hui d'être à la fois l'architecte et l'exploitant de ses centrales, d'avoir ainsi une pleine maîtrise de la sûreté et des coûts tout au long de la vie de ses installations, de la construction au démantèlement, au bénéfice des clients.

*Avec Flamanville 3, tête de série EPR, EDF se donne la possibilité de **maintenir une compétence d'architecte de centrale** avec le transfert de génération, d'éprouver une organisation industrielle de toute une filière technique.*

Par ailleurs, si EDF attend 2015 pour construire une série de centrales nucléaires, il sera difficile de disposer d'un réacteur techniquement éprouvé et conforme aux exigences de la DGSNR (Direction Générale de la sûreté nucléaire et de la radioprotection) au moment du renouvellement des centrales actuelles. »

On retrouve ici le faisceau d'enjeux que nous avons progressivement mis à jour précédemment : le calendrier du renouvellement du parc, la nécessité d'éprouver une tête de série pour préparer ce renouvellement, mais aussi la question du maintien, de l'entretien et du développement des compétences d'ingénierie, dont la condition de possibilité est précisément la réalisation d'un véritable projet de réacteur. On retrouve, plus loin, un plus long développement sur les aspects démographiques et RH du problème :

*« D'ici à 2020, plus de la moitié des salariés travaillant pour le secteur nucléaire d'EDF devrait partir à la retraite, tous métiers et niveaux hiérarchiques confondus, avec un nombre de départs annuels compris entre 400 et 800 personnes. Pour anticiper ces départs, nous formons chaque année un nombre important de jeunes professionnels. En général **les temps de formation dans ce secteur sont très longs** et imposent une réelle anticipation. Elle conduit à avoir plusieurs centaines de jeunes (de l'ordre de 800) qui se préparent ainsi à prendre le relais de leurs aînés dans les années qui viennent. Des dispositifs spécifiques de formation et d'accueil servent de support à ce passage de relais (compagnonnage, tutorat, ...)*

Le projet EPR représente une des facettes du traitement de besoin de compétences de l'avenir. [...]

*En ce qui concerne le projet Flamanville 3, il s'agit de renouveler des compétences de constructeur, d'architecte de centrales nucléaires, compétences qui sont anciennes à EDF qui seront essentielles au moment de renouveler tout ou partie des centrales actuelles à l'horizon 2020, quand celles-ci auront atteint 40 ans et seront amenées progressivement à s'arrêter. **C'est pour conserver ses compétences qu'EDF souhaite construire maintenant Flamanville 3.** De plus la problématique est identique pour l'ensemble de la filière industrielle nucléaire. »*

Il apparaît donc que le projet EPR de Flamanville 3 concentre une somme de « renouvellements » de natures multiples : renouvellement d'un outil industriel, renouvellement technologique, renouvellement des compétences, renouvellement d'une population. Il est donc, comme nous l'annoncions en introduction de cette partie, un projet « carrefour », trait d'union entre deux époques, deux populations, deux générations de réacteurs.

Toutefois, nous devons insister sur un point surprenant. Ce travail généalogique aura permis de montrer que **la question du risque de perte de compétences, donc d'un désapprentissage aux niveaux individuel, organisationnel, voire méta-organisationnel, était présente à l'esprit de nombre d'acteurs très en amont des difficultés rencontrées sur Flamanville.** Il aura également montré aussi qu'elle ne se limitait pas à la question de l'impact « brut » d'un creux d'activité, mais qu'elle était étroitement maillée, inséparable même, de la question du renouvellement de la population des agents chez EDF, et du cycle de départs/arrivées qu'elle induit. Malgré tout, la lecture des différents documents nous ayant permis de faire ce travail nous a montré à quel point **ces enjeux faisaient l'objet d'une conscience plus que d'une véritable connaissance.** En effet, les enjeux associés à la dynamique des connaissances et des ressources humaines associées font l'objet d'un traitement relevant du domaine de l'intuition, de l'empirisme, mais ne sont jamais étayés par des argumentaires objectifs, encore moins « scientifiques », contrairement aux paramètres objectifs, mesurables, que sont les paramètres économiques, financiers ou technologiques. Cela peut être interprété comme le signe du caractère extrêmement qualitatif des phénomènes en jeu. Mais nous pouvons également y voir la conséquence d'un **manque de connaissances partagées quant au comportement, dans le temps, et sous l'effet d'un certain nombre de variables, des savoirs collectivement détenus par un collectif**

humain. C'est ainsi que l'enjeu de la perte, du renouvellement ou de la reconstruction de capacités d'ingénierie a certes été intégré aux prises de décision stratégiques, mais sur la base d'une connaissance faible des phénomènes en jeu.

Ce constat valide donc la *pertinence* de notre objet de recherche, puisqu'il vise à apporter des éléments de réponse à un besoin formulée par des acteurs industriels multiples, mais aussi parce que l'état actuel des connaissances appelle de nouveaux travaux de recherche.

