



■ Premier volet de notre série sur les conséquences de la crise au Japon

# Poursuivre le nucléaire, un choix au prix fort

*Alors que l'Allemagne renonce à la filière, la France réaffirme son engagement. Quelles sont les implications d'une telle décision à l'horizon 2050 ? Décryptage.*

**Il y a un avant et un après** Fukushima. Les premiers bouleversements sont en cours. L'Allemagne a ainsi officiellement annoncé, fin mai, sa décision de se passer du nucléaire à l'horizon 2022 à la suite du rapport rendu à la chancelière Angela Merkel par une commission d'éthique installée au lendemain de la catastrophe au Japon. La Suisse devrait décider, elle aussi, ce mois-ci, un arrêt progressif d'ici à 2034. L'Italie a reporté un réfé-

rendum sur le sujet et annoncé « *une nouvelle stratégie énergétique* » qui sera détaillée sans doute après l'été. Quant au Japon, il va lui aussi remettre à plat sa politique énergétique. A l'inverse, en Inde et en Chine, les programmes de développement de centrales suivront leur cours. En France, alors que 62 % de la population\* exprime sa préférence pour un arrêt progressif sur « *25 ou 30 ans* », Nicolas Sarkozy réaffirme le choix du

nucléaire. Le gouvernement met en avant le savoir-faire technologique français, affirmant ainsi que les nouveaux réacteurs EPR, développés notamment par Areva, présentent toutes les garanties de sûreté. Pas question donc de reconsidérer les « *65 chantiers en cours et les 150 réacteurs en discussion* [pour 440 installés] » pour citer Luis Echavarri, directeur général de l'Agence de l'OCDE pour l'énergie nucléaire. A moins qu'un change-

# 1 Construire de 20 à 50 réacteurs d'ici à 2050



MICHEL DANNAU/AFP

**Combien faudra-t-il** construire de centrales au cours des vingt à quarante prochaines années ? Difficile à dire car cela dépend de la durée d'exploitation des centrales actuelles, de la hauteur de la consommation future d'électricité du pays et du panachage des sources de production énergétique, un choix politique donc. Le premier point est, de loin, celui qui influe le plus sur le calendrier potentiel. Systématiquement, les réacteurs sont en effet soumis à une « visite décennale » de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN) qui décide d'accorder ou non une prolongation de l'exploitation pour dix ans. L'âge moyen du parc français approche les 25 ans (voir le schéma p. 74). Le réacteur n° 1 de la centrale du Tricastin (mis en service en 1980) a déjà reçu son autorisation pour fonctionner au-delà de 30 ans pendant au moins dix ans. Ceux de Fessenheim attendent un verdict très prochainement et ceux du Bugey et de Dampierre seront inspectés. « EDF a l'ambition de prolonger la durée de fonctionnement de ses centrales de manière significative au-delà de 40 ans », rappelle un porte-parole de l'opérateur. « Pousser le plus loin possible est, certes, économiquement rentable, mais ce choix est très dépendant des décisions de l'ASN. Il vaudrait mieux prévoir dès maintenant un plan de remplacement », suggère

Hervé Nifenecker, fondateur de l'association Sauvons le climat. Dans l'hypothèse d'une durée d'exploitation maximum de quarante ans, les fermetures commenceraient en 2020 en France. Et le pays ne compterait plus une seule centrale actuelle en fonctionnement en 2040. Mais cet échéancier pourrait se décaler de dix ans ou vingt ans en cas d'autorisations supplémentaires d'exploitation, repoussant d'autant la relance de nouveaux chantiers. Dès lors, on peut se demander pourquoi le gouvernement a lancé en 2005 la construction d'un réacteur EPR à Flamanville (prévu pour être raccordé au réseau en 2014) et en souhaite un autre à Penly. « Cela permet à EDF de disposer d'une "tête de série" et d'une organisation industrielle éprouvée qui garantiront la possibilité de remplacer les centrales nucléaires arrivées en fin de vie par d'autres, plus compétitives », a répondu le producteur lors d'un débat public en 2006. Autrement dit, ce n'est pas pour combler un besoin énergétique que la France a lancé de tels projets, mais pour des raisons économiques, le réacteur servant aussi de vitrine à l'exportation. Avec pour l'instant un succès mitigé. Areva a quatre EPR en construction et une dizaine en discussion (Inde, Chine, Pologne, Royaume-Uni), soit un marché potentiel de 50 milliards d'euros environ. La « renaissance » du ●●●

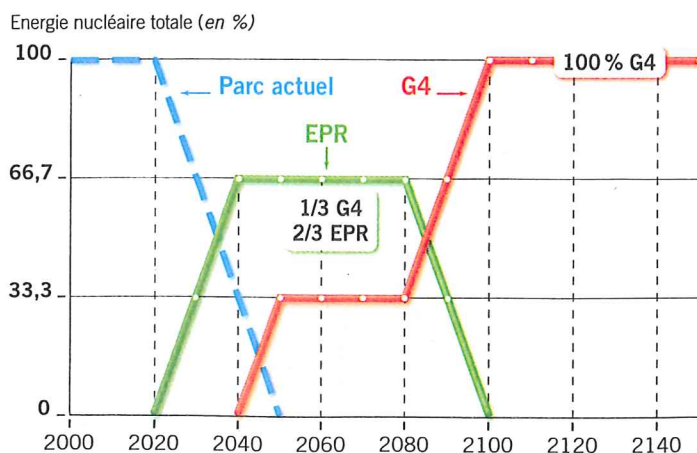
ment politique à l'issue de la présidentielle de 2012 ne vienne rebattre les cartes... Dans les deux cas – maintien ou sortie progressive du nucléaire –, les questions sont multiples et les décisions lourdes de conséquences. *Sciences et Avenir* a donc décidé de décrypter les deux scénarios. Dans ce premier volet, nous dressons le portrait d'une France qui serait toujours nucléaire au cours des quarante prochaines années, et au-delà. Combien de centrales faudra-t-il construire ? De quel type ? A quel coût ? Avec quelles garanties de sécurité et quels moyens alloués à la recherche, aux ressources humaines ? Avant d'aborder, le mois prochain, les pistes à suivre et les défis à relever si le pays décidait de sortir progressivement de cette logique. Nous consacrerons enfin le dernier volet à la question technique et financière du démantèlement des centrales qui – arrêt du nucléaire ou pas – reste au cœur du débat. De quoi mieux comprendre ces enjeux qui engagent l'avenir de tous.

Carole Chatelain

\* Sondage Ifop pour *le Journal du dimanche* du 5 juin.

Le chantier de l'EPR de Flamanville (Manche) a déjà pris deux années de retard pour un surcoût estimé à 2 milliards d'euros.

## Les scénarios du renouvellement du parc français



Un exemple de plan, proposé par le CEA. Renouvellement d'un tiers du parc actuel (en bleu) par des EPR (vert) à l'horizon 2040, puis par des réacteurs nouvelle génération G4 (rouge) qui représenteraient un tiers du parc en 2060 et 100 % en 2100.

BETTY LAFON



●●● nucléaire est également contestée par l'association Global Chance, groupe d'experts sur l'énergie prônant une sortie de la filière, qui fait remarquer que la part de l'atome dans la production mondiale d'électricité baisse régulièrement.

Si la France poursuivait dans le nucléaire sur la période 2020-2040, sans remplacer les réacteurs arrêtés au bout de quarante ans, il faudrait environ 40 EPR pour produire les 63 GW actuellement générés par les 58 réacteurs « classiques » existants. Pour y parvenir, le rythme de mise en chantier serait moins intense que celui des années 1980 où l'ensemble des réacteurs a été raccordé au réseau entre 1977 et 1999. A condition que les nouveaux chantiers soient réalisés dans les mêmes délais – soit environ six ans –, ce que les exemples des deux EPR en cours de construction (à Flamanville et en Finlande) ne montrent pas puisque l'on estime à sept ans le temps nécessaire pour le premier et à neuf pour le second, alors qu'ils ne sont pas terminés.

Second paramètre : la place du nucléaire dans le mix énergétique. Rien n'indique qu'il faudra produire autant d'électricité nucléaire en 2040 qu'aujourd'hui. Les engagements européens pris pour privilégier les énergies renouvelables laissent même penser que la part de presque 80 % de nucléaire dans la production de l'électricité nationale diminuera. Dans un rapport rendu au Premier ministre en 2000 par Jean-Michel Charpin, commissaire au Plan, les auteurs – Benjamin Dessus, alors économiste au CNRS et René Pellat, haut commissaire à l'énergie atomique du CEA – imaginaient ainsi des scénarios où



PIERRE HECKLER / LE RÉPUBLICAIN LORRAIN / PHOTOPOR

cette part variait entre 0 et 70 % en 2050. Le maximum correspondrait à une capacité nucléaire de 85 GW, soit, en équivalence, une cinquantaine d'EPR. Le minimum non nul serait de 33 GW, soit 20 EPR environ. L'arbitrage entre ces options dépend de la consommation électrique du pays. Et les prévisions sont délicates. « En 1975, les experts français prévoyaient que nous consommerions 1 000 térawattheures (TWh) en 2000. Or, nous en avons consommé moins de 500 en 2010 [488] », se souvient Benjamin Dessus, aujourd'hui cofondateur de Global Chance. La direction de l'énergie estime ainsi que la consommation oscillera entre 450 et 552 TWh en 2020 – soit un écart de 20% – selon le choix d'hypothèses vertueuses liées au Grenelle de l'environnement (économies

Visite de la centrale de Cattenom (Moselle), le 25 janvier. L'ASN soumet chaque centrale à une visite de contrôle, tous les dix ans. Elle doit ainsi décider bientôt de la prolongation ou non de l'activité de la centrale de Fessenheim (Haut-Rhin).

dans le bâtiment et l'industrie, etc.) ou basées sur la croissance constatée les années précédentes. Quand on sait qu'il faut 10 EPR pour une production de 100 TWh, on comprend les conséquences majeures de ces incertitudes... Les opposants au nucléaire craignent d'ailleurs que les scénarios « hauts » ne favorisent le nucléaire, comme dans les années 1970, et n'entraînent des surcapacités, préjudiciables aux politiques de réduction de la consommation.

Dernière incertitude, l'approvisionnement en matière première. « Si le nucléaire est multiplié par huit dans le monde d'ici à 2050/2060, il y aura des tensions sur la ressource en uranium, le combustible du nucléaire », explique Sylvain David du CNRS. La ressource est donc épuisable, sans compter les risques géostratégiques d'approvisionnement, notamment en Afrique.

C'est pourquoi les partisans du nucléaire ont commencé à imaginer des réacteurs de nouvelles générations, la quatrième permettant de moins consommer d'uranium et de produire leur propre combustible (lire p. 76). Le CEA a ainsi proposé des plans prospectifs où la France construirait ces nouveaux réacteurs dès 2040 pour environ un tiers de la puissance du parc, en complément des EPR (voir le schéma p. 73). Problème : ils nécessitent du plutonium, soit environ 18 tonnes par réacteur d'un gigawatt pour les faire démarrer, selon Sylvain David. Or la France ne dispose que de 280 tonnes aujourd'hui, soit l'équivalent de 15 réacteurs. Autrement dit, pas de nouveaux réacteurs sans prolongation et/ou renouvellement des anciens.

## Les chiffres du nucléaire

### ► 58 réacteurs et 19 centrales

sont actuellement en service en France. Huit d'entre eux ont été raccordés au réseau en 1981, année record.

### ► 63,1 GW

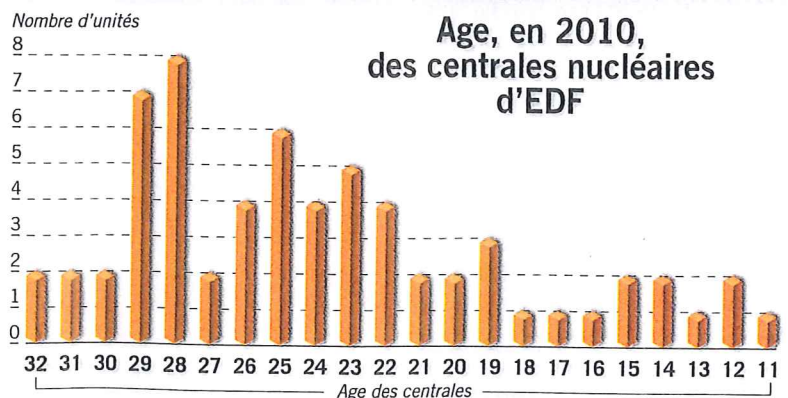
c'est la puissance installée du parc français, pour une production d'environ 410 TWh.

### ► 75,6 % de l'électricité

produite en France est d'origine nucléaire.

### ► 13 centimes/kWh

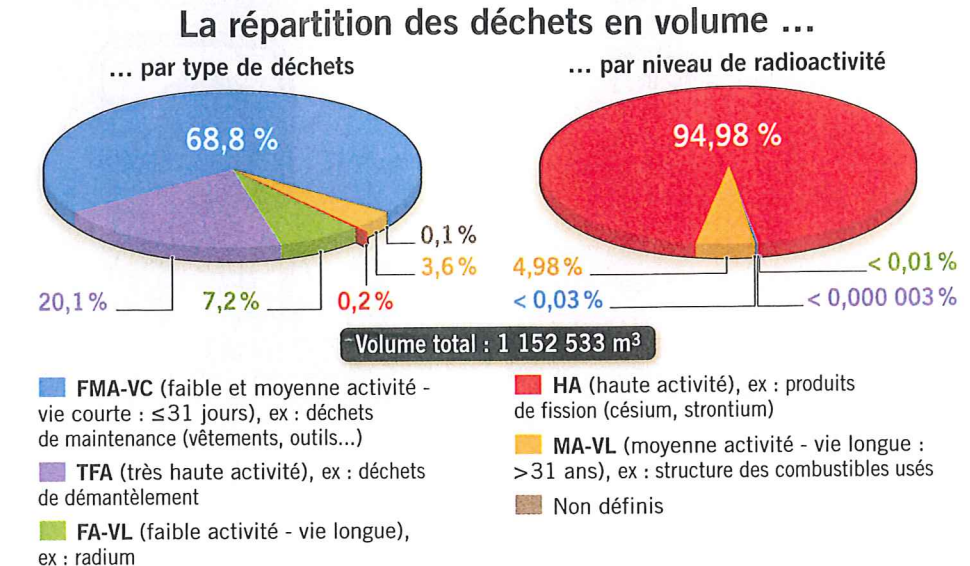
c'est le prix de l'électricité en France (selon Eurostat en 2009) contre 15,3 centimes en moyenne dans l'UE (23 en Allemagne).



SOURCE: EDF

## 2 Résoudre le casse-tête des déchets

Les députés Christian Bataille (PS) et Claude Birraux (UMP) ont rappelé dans leur rapport de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et techniques (OPESET) en janvier, que « l'avenir de la filière dépend crucialement de sa capacité à démontrer qu'elle sait gérer les déchets radioactifs dans les meilleures conditions de sûreté ». Deux grandes familles de déchets doivent trouver une solution de stockage. Les déchets de haute et moyenne activité à vie longue (HA-MAVL) et ceux de faible activité à vie longue (FAVL) (voir ci-contre). Pour ces derniers – 114 600 m<sup>3</sup> estimés en 2020 –, un site devait être trouvé avant 2013. Mais les deux communes de l'Aube candidates se sont désistées. L'Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs (Andra) – placée sous la tutelle des ministères en charge de l'énergie, de la recherche et de l'environnement – devra donc trouver de nouveaux candidats avant fin 2012. Pour les 50 700 m<sup>3</sup> de déchets HA-MAVL en 2020, un débat public devra être organisé en 2013 pour une ouverture de site prévue en 2025. Cette fois, c'est un conflit entre EDF et l'Andra qui rend le dossier épineux. Un médiateur a même dû être nommé. La question du coût du dispositif, de 15 à 35 milliards d'euros, n'est sans doute pas étrangère à cette bataille : les députés de l'OPESET ont ainsi épinglé la commission sur l'évaluation financière pour ne s'être pas réunie depuis 2006 alors qu'elle était censée rendre un rapport en juin



2007 ! Les questions éthiques autour de l'acceptation ou non par le public de ces solutions de stockage sont aussi très sensibles.

En cas de poursuite du nucléaire, le plutonium n'est plus un déchet, mais un très précieux combustible servant à fabriquer du Mox ou permettant le fonctionnement des réacteurs de quatrième génération. *Idem* pour l'uranium de retraitement ou l'uranium appauvri, une matière non fissile qui pourra être « brûlée » dans ces prochains réacteurs. D'où la controverse entre les acteurs du nucléaire qui considèrent qu'une grande part des combustibles usés peuvent être recyclés, et les opposants qui constatent que très peu de ces combustibles sont

Alors que les déchets de haute activité ne représentent que 0,2 % du volume total, ils se montent à 94,98 % en termes de radioactivité.

effectivement réutilisés. Ainsi, selon Areva, sur 100 kg de combustible usés, 4 kg seulement sont des déchets à stocker. Le reste est recyclable (plutonium et uranium). En fait, comme le souligne la journaliste Laure Noualhat\*, les 96 kg restant ne sont que... potentiellement recyclables dans les réacteurs de 4<sup>e</sup> génération. Sylvain David, du CNRS, fait aussi remarquer que les déchets de ces réacteurs du futur seront environ dix fois plus radiotoxiques que les déchets vitrifiés actuels, mais dix fois moins si l'on décide de transmuter certains radioéléments, c'est-à-dire de les irradier pour les transformer en d'autres noyaux moins actifs. Cette solution est toujours l'objet de recherches.

### ► 5 milliards d'euros,

c'est le prix estimé d'un réacteur de type EPR avant l'accident de Fukushima.

### ► 40 % des réacteurs

ont entre 21 et 25 ans. 7 % ont moins de 15 ans, pour une moyenne d'un peu moins de 25 ans.

### LEXIQUE

#### CENTRALE NUCLÉAIRE :

un réacteur produit de la chaleur qui sert à transformer de l'eau en vapeur pour actionner une turbine. La chaleur provient de noyaux d'uranium radioactifs (rassemblés dans un cœur) qui se cassent en libérant de la chaleur. En France, l'eau qui passe dans ces circuits est sous pression, par opposition à d'autres centrales où l'eau est bouillante.

**EPR :** ce sigle désigne le Réacteur pressurisé européen, le nouveau réacteur commercialisé par le Français Areva qui conduit actuellement trois chantiers (France, Finlande, Chine). Le principe reste le même que les centrales actuelles mais des dispositifs supplémentaires de sûreté ont été ajoutés comme une enceinte plus solide autour du cœur ou un système pour récupérer et refroidir un éventuel cœur en fusion.

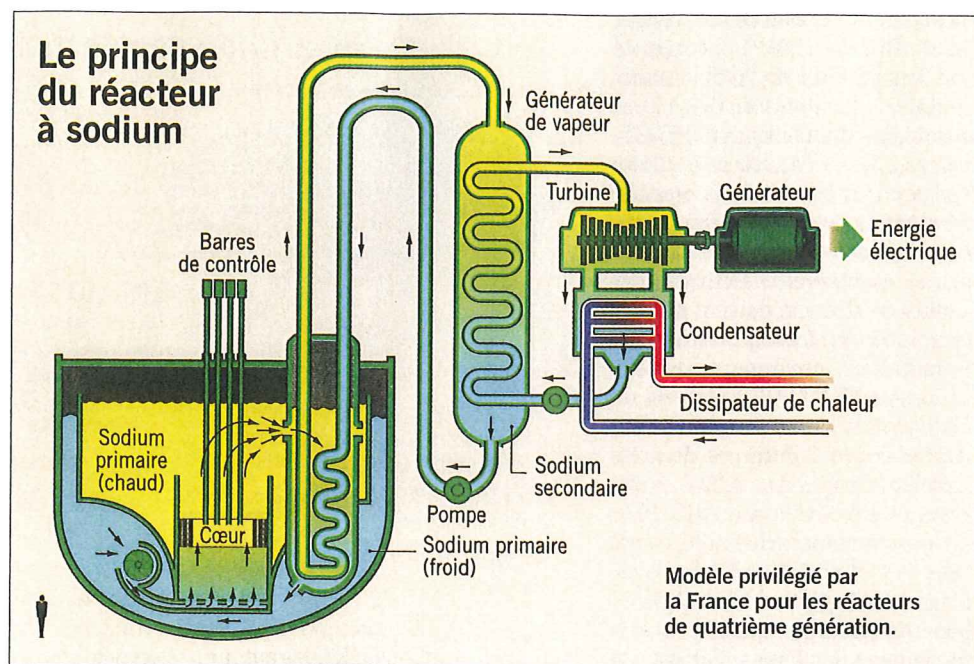
**GW ET TWH :** symboles respectifs des unités de mesure gigawatt (ou milliard de watts) et térawattheure (ou milliers de milliards de wattheures). La première est une mesure de puissance (la capacité que peut livrer une centrale). La seconde mesure la consommation, c'est-à-dire l'énergie effectivement fournie. Une centrale d'une capacité d'un GW fournit en théorie 8,76 TWh (365 jours pendant 24 heures).



### 3 Continuer la recherche pour éviter la pénurie d'uranium

De nouveaux réacteurs de 4<sup>e</sup> génération se préparent donc à l'horizon 2040. Ils constituent une rupture par rapport à la technologie actuelle, y compris celle des EPR. Un forum international a été constitué en 2001, regroupant 13 pays dont le Brésil, le Canada, la Chine, les Etats-Unis, le Japon, la Russie et la France. Cette dernière a sélectionné six systèmes parmi la cinquantaine recensée, pour un déploiement prévu vers 2040. « Les événements de Fukushima n'auront pas d'influence sur nos programmes », nous a affirmé Yutaka Sagayama, le directeur du forum.

Trois de ces systèmes fonctionnent avec des neutrons plus énergétiques que la génération précédente pour casser les noyaux, permettant ainsi de mieux brûler le combustible, voire d'être surgénérateurs, le réacteur produisant son propre combustible : de l'uranium, non fissile, est transformé en plutonium, fissile, par la capture d'un neutron. Trois autres réacteurs utilisent des neutrons de même nature que ceux de la génération 3, mais possédant des caractéristiques nouvelles comme le fonctionnement à haute température permettant de fournir de la chaleur en plus de l'électricité. Chaque pays a ainsi plus ou moins choisi sa filière d'avenir. La plus aboutie est celle dite rapide au sodium déjà exploitée par le passé : Phénix et Superphénix ont fonction-



né ainsi en France dans les années 1980-1990 (voir le schéma ci-dessus). Le CEA étudie un nouveau prototype de 600 MW, Astrid, prévu pour entrer en construction en 2017 et doté de 650 millions d'euros dans cette phase d'étude. Les Indiens et les Russes ont des projets en construction sur le sodium. Les Japonais se penchent sur le rapide à caloporteur au plomb et bismuth, les Canadiens étudiant, eux, les réacteurs avec fluide caloporteur mi-gaz, mi-liquide, dits supercritiques.

## Le mythe de l'indépendance

L'idée est souvent entendue : la France serait énergétiquement indépendante grâce au nucléaire. L'argument mérite d'être examiné. Selon la norme en vigueur, cette indépendance se calcule en prenant le ratio entre la production d'énergie « primaire » (hydrocarbures bruts, minerai, vent, soleil...) d'un pays et sa consommation d'énergie. En 2009, nous avons ainsi un rapport de 130/259 (en millions de tonnes d'équivalent pétrole), soit un ratio de 50 %. Autrement dit, loin d'être « indépendante », la France ne produit que la moitié de ce qu'elle consomme, contre environ 40 % en Allemagne et 45 % en moyenne dans l'Union européenne. De plus, le nucléaire ne met pas le pays à l'abri de tout problème énergétique

en cas de rupture d'approvisionnement en pétrole ou en gaz, que nous ne produisons pratiquement pas (1,4 % de la production primaire pour ces deux sources). D'autre part, les experts de Global Chance font valoir que le calcul initial n'est pas parfait : pour eux, il est abusif de compter le nucléaire dans la production primaire de la France car l'uranium est intégralement importé, ce qui n'est pas un gage d'indépendance. En outre, on inclut aussi dans ce calcul la production électrique exportée (45 térawattheures en 2009 pour 485 TWh consommés). Le « bon » ratio serait en fait de 10 %, à comparer aux 30 % de 1973 obtenus par le même mode de calcul, période où la France ne disposait pas du parc nucléaire actuel.

Les Etats-Unis ont plusieurs fers au feu dont un projet de réacteur à très haute température (jusqu'à 1000 °C contre moins de 500 °C dans un réacteur actuel). Toutes ces technologies devront faire leurs preuves. Ainsi, les partisans des réacteurs à sodium doivent convaincre les autorités de sûreté qu'aucun emballement du système n'est possible. Ou que l'eau ne rentrera jamais en contact avec le sodium, ce qui provoquerait une réaction explosive. Sur d'autres systèmes, c'est la tenue des matériaux qui sera étudiée : les hautes températures des réacteurs à gaz soumettent les tuyauteries à rude épreuve.

En France, le CNRS étudie sur le papier une solution de plus long terme, retenue par le « forum génération 4 » : les réacteurs à sels fondus. Particulièrement innovants, ils consistent à fondre ensemble le combustible et le fluide caloporteur. Toute fusion accidentelle du cœur est exclue puisqu'il est déjà fondu. Le réacteur produirait moins de déchets, mais il faudrait notamment prévoir des installations chimiques de retraitement à proximité de chaque réacteur. Enfin, d'autres recherches sont en cours sur les réacteurs à fusion nucléaire, comme Iter (*lire S. et A. n° 767, janvier 2001*) ou hybrides, mêlant accélérateur de particules et réacteurs à fission.

## 4 Revoir la sécurité à la hausse

À la suite de la catastrophe de Fukushima, tous les pays ont annoncé différents processus d'évaluation de la robustesse des centrales (audits, ou « stress test » selon le jargon) en cas de catastrophes naturelles telles que séisme, inondations, incendies... En France, les opérateurs (EDF, Areva, CEA...) ont ainsi jusqu'à septembre pour répondre aux questions de l'ASN, qui rendra son avis deux mois plus tard. Objectif : décrire le comportement d'une centrale dans des conditions d'agressions externes conduisant notamment à la perte des sources de refroidissement et d'électricité. Des modifications seront sûrement demandées comme le renforcement des digues et autres protections contre les inondations.

EDF a également annoncé la création d'une *task force* d'intervention rapide, constituée de matériels complémentaires d'apport en électricité et en eau, avec des moyens de transports et humains dédiés, mobilisables dans les vingt-quatre à quarante-huit heures. « Avant Fukushima, je disais aux acteurs du nucléaire que le coût de la sécurité ne se discute pas. Maintenant, nous serons mieux entendus », témoigne le député Claude Birraux. Ces exigences pourraient être favorables aux nouveaux réacteurs de type EPR français ou AP1000 américain, leurs défenseurs faisant valoir leurs atouts : refroidissement passif pour l'AP1000 grâce à des réserves d'eau, neutralisation de l'hydrogène pour l'EPR, piscines de déchargement dans l'enceinte de confinement,



récupération d'un éventuel cœur fondu... Mais ils sont plus chers. Fukushima a montré aussi l'importance de maîtriser la crise post-accidentelle. « Personne ne peut garantir qu'il n'y aura jamais d'accidents graves en France », a en effet rappelé André-Claude Lacoste, le président de l'ASN en introduction d'une conférence sur le sujet à l'Assemblée nationale en mai. « Nous sommes en état d'impréparation ! », a rétorqué Jean-Claude Delalonde, le président de l'association nationale des comités et commissions locales d'information. Pourtant, l'ASN avait lancé ce chantier de réflexion dès 2007 et publiera d'ici à la fin de l'année un « guide de

sortie de la phase d'urgence ». Les discussions ont mis en évidence des failles : ainsi, la douzaine d'exercices de grande ampleur prévue chaque année par les opérateurs dure à peine deux jours... alors que la catastrophe japonaise montre que la crise s'étend sur plusieurs mois, voire plusieurs années. Global Chance n'hésite pas à évoquer comme conséquence à tous ces aménagements sécuritaires un doublement du prix du kWh. Les nouveaux règlements à venir seront-ils suffisants ? Pas sûr, certains soulignant que les opérateurs européens se sont fermement opposés à l'évaluation de la sécurité de leurs centrales contre le risque terroriste.

**Exercice de secours dans le cadre d'une simulation d'accident nucléaire avec relâchement de la vapeur radioactive, à la centrale du Tricastin, dans la Drôme. Une douzaine d'exercices de grande ampleur sont organisés chaque année en France mais leur durée n'excède pas deux jours.**

## 5 Accepter de régler une facture lourde et extensible

Combien coûtera la poursuite du nucléaire en France ? L'équation est d'autant plus complexe qu'on en ignore le coût actuel global (investissement, exploitation, déchets et démantèlement). Les discussions sur l'ouverture du marché de l'électricité illustrent ce flou : il est prévu qu'EDF vende son électricité – pour une bonne part nucléaire – à bas coût à ses concurrents afin qu'ils la reven-

dent ensuite aux particuliers. Lors d'un débat organisé par Enerpress auquel nous avons assisté, un représentant de GDF-Suez a ainsi estimé que le juste prix était de 30 € le MWh. Or le décret publié en mai le fixe en fait à 40 €... Les experts de la Cour des comptes mandatés par le Premier ministre en mai – sous la pression des opposants au nucléaire –, pour faire les calculs, per-

mettront peut-être d'y voir plus clair. Voilà pour le présent, mais l'avenir ? Les incertitudes viennent, à court terme, des surcoûts induits par la catastrophe de Fukushima sur la sûreté des réacteurs. Est-ce pour en tenir compte que le gouvernement a d'ores et déjà prévu de passer le tarif de rachat du nucléaire à 42 € par MWh au 1<sup>er</sup> janvier 2012 ? Il n'est pas impossible que les résultats de ●●●

●●● L'audit prévu pour la fin de l'année conduisent à des travaux de renforcement antisismique, ou contre les inondations, voire à la mise au point de dispositifs de protection des piscines de refroidissement des combustibles. Mais il est bien trop tôt pour évaluer ces coûts.

A moyen et long terme, le coût n'est pas plus simple à estimer. Le cas de l'EPR en construction à Flamanville le montre. Le budget est passé de 3 à 5 milliards d'euros entre 2004 et aujourd'hui. Au niveau mondial, les experts de l'AIEA, l'agence internationale de l'énergie atomique, ont d'ailleurs constaté des écarts du simple au double entre les études de chiffrage des investissements nécessaires. Pour s'équiper d'une quarantaine d'EPR, la France devra donc, au mieux, déboursier 200 milliards d'euros d'ici à 2050 environ. Budget auquel il faut rajouter le traitement des déchets évoqués plus haut, 15 ou 35 milliards ? Sans oublier la très grosse facture du démantèlement, sur lequel nous reviendrons dans un prochain numéro : 17 milliards d'euros, à en croire les provisions d'EDF,

**200 000 personnes sont liées à la filière nucléaire dont 20 000 dans la maintenance**

alors que les Britanniques ont, de leur côté, estimé leurs dépenses à 200 milliards d'euros...

La gestion des ressources humaines constitue également un enjeu majeur. Le rapport Roussely sur la filière – dont seule une synthèse a été rendue publique en juin 2010 – rappelle ainsi que 200 000 personnes sont liées à la filière nucléaire dont 20 000 dans la maintenance. Après avoir engagé un vaste mouvement d'externalisation d'activités (en particulier la maintenance), EDF devra convaincre, dans l'audit en cours sur la tenue aux « chocs extérieurs », que ce type d'organisation n'a pas d'impact négatif sur la sûreté. La formation des personnels est également un grand défi. « Au début des années 2000, les différents acteurs ont pris conscience qu'il fallait relancer les efforts de for-

mation », rappelle Bertrand Gauvain, du pôle nucléaire Bourgogne. « On a établi que les besoins porteraient sur environ 1200 personnes par an à bac + 5 et plus. Or, à l'époque, la France ne formait que 300 à 400 personnes », précise Hubert Flocard, directeur adjoint de l'Institut international de l'énergie nucléaire (I2EN), un organisme né spécifiquement en septembre 2010 pour répondre à cette demande. 1 000 personnes seraient désormais formées chaque année. Il s'agit surtout de combler le « trou » générationnel entre les « anciens » et les nouveaux dans ces métiers très spécifiques conduisant, parfois, à une perte de savoir. D'autres défis sont à relever, « comme dans ce que l'on appelle l'écoréalisation, c'est-à-dire faire plus vite, moins cher et bien sûr plus sûr », cite Bertrand Gauvain. Le contrôle des composants complexes ou l'intervention en milieu hostile sont d'autres chantiers sur lesquels il faut innover. »

David Larousserie

**Le mois prochain : Sortir du nucléaire, le deuxième volet de notre série**

\* Déchets, le cauchemar du nucléaire, Laure Noualhat, Seuil (2009).

**QUESTIONS A** **LUIS ECHAVARRIA** Directeur de l'Agence de l'énergie nucléaire de l'OCDE

## « Le nucléaire reste une énergie attractive »

### L'accident de Fukushima a-t-il déjà un impact sur la filière nucléaire ?

C'est un accident majeur qui nous contraint à mettre très rapidement en place de nouvelles mesures. Nous devons notamment réévaluer la localisation des centrales en tenant compte des risques naturels de séismes, de tsunamis, d'inondations ou d'incendies. Nous devons aussi réévaluer le design des réacteurs actuels comme des nouveaux. Ces travaux ont déjà commencé dans chaque pays. Mais il faut aussi attendre de mieux savoir ce qui s'est passé au Japon. D'ores et déjà, il paraît clair qu'il faudra disposer de capacités d'intervention rapide, mieux protéger les combustibles usés dans les piscines et garantir des moyens d'alimentation de secours quelles que soient les conditions. Les acteurs du nucléaire sont



cependant assez d'accord entre eux pour dire que les nouveaux réacteurs auraient sans doute mieux résisté que ceux de Fukushima.

### Le nucléaire peut-il encore se développer ?

Bien entendu, l'accident n'est pas une bonne nouvelle pour le secteur. Mais le nucléaire reste une énergie attractive. Beaucoup de pays ont affirmé qu'ils allaient continuer (Chine, Inde, Etats-Unis, France...). On peut imaginer que les discussions sur de nouveaux réacteurs soient retardées. Mais dans deux-trois ans, cela repartira. Avant l'accident, nous pensions qu'il y aurait entre 1200 et 1400 réacteurs en 2050 dans le monde contre 440 aujourd'hui. Cela ne devrait pas changer. Il y a six ans, nous avions constaté une nouvelle dynamique pour le nucléaire car les prix du gaz et du pétrole

montaient, il fallait limiter les émissions de CO<sub>2</sub> et des craintes géopolitiques pesaient sur les approvisionnements en pétrole et gaz. Ces constats restent vrais d'autant que la demande d'électricité va augmenter après la crise. Le nucléaire reste compétitif, même si la sécurité augmente son coût.

### La sécurité internationale doit-elle être renforcée ?

Oui. Les standards de sécurité fixés par l'AIEA ainsi que la Convention internationale de sûreté devront être renforcés. Nous avons aussi des programmes dans lesquels les régulateurs de différents pays collaboreront pour évaluer les niveaux de sûreté des nouveaux réacteurs comme l'EPR ou l'AP1000. Cela va dans le sens d'une convergence des critères. Néanmoins, la responsabilité doit rester dans les mains des Etats. Une autorité internationale ne pourrait pas contrôler tous les réacteurs.

Propos recueillis par D. L.