

Global Electrification

Newsletter: Géopolitique de l'Electricité

☞ Nos études se retrouvent sur
www.geopolitique-electricite.fr

Directeur de la Publication:
Lionel Taccoen
Tél : 0660469030
Rédactrice en chef :
Emma Legrand

N° 37 - Géopolitique de l'Electricité – novembre 2013

Notre Newsletter « Géopolitique de l'Electricité » est la seule publication sur ce thème en langue française. Elle est mensuelle.

Nous n'avons aucun objectif militant. Nous ne cherchons pas à sauver la planète ni à promouvoir le nucléaire ou le solaire. Nous tentons d'approcher la vérité, en décrivant par des données objectives le passé proche et le présent des secteurs électriques et de leur contexte. Les nombreuses prévisions concernant 2020, 2035, voire 2050, ne nous intéressent que par leur cohérence, ou leur incohérence, avec les évolutions observées. Nos études sont inédites. Elles utilisent les données provenant directement des acteurs du terrain : réseaux de transport, compagnies d'électricité, rapports officiels nationaux ou internationaux, associations professionnelles ou ONG.

☞ Vous pouvez recevoir notre Newsletter « Géopolitique de l'Electricité » par simple demande par E-mail à geopolitique.electricite@gmail.com

Nucléaire : le recul

La part du nucléaire dans la fourniture d'électricité mondiale a baissé de 17 à 12% en quelques années. Cette tendance existait *avant l'accident de Fukushima, qui l'a accentué*. Il a été remplacé par le gaz, en Amérique du Nord, par le charbon un peu partout mais bien peu par les renouvelables.

L'industrie nucléaire mondiale voit son centre de gravité se déplacer vers la Russie et la Chine, seuls pays constructeurs disposant d'un marché national important. Ce sont aussi les seuls qui possèdent des chantiers de réacteurs de quatrième génération. Ils prendront le leadership planétaire du secteur. Un certain nombre de pays continuent à développer leur parc nucléaire. D'autres, surtout en Asie et en Europe de l'Est souhaitent avoir recours à l'atome.

La concurrence des énergies fossiles, la complexité et la sévérité des procédures, et la contestation rendent peu vraisemblable une augmentation de la part du nucléaire dans la production mondiale d'électricité.

Ceci et les difficultés des renouvelables¹ rendent inéluctable l'augmentation de l'utilisation des combustibles fossiles avec des conséquences inévitables sur le changement climatique.

¹ Voir notre étude : « Histoire d'un espoir, les énergies renouvelables 2004-2013 » sur www.geopolitique-electricite.fr oct.2013

Nucléaire : le recul

Sources principales :

IAEA (Agence Internationale de l'Energie Atomique Power Reactor Information System (PRIS)

World Nuclear Industry Status Report édité par une ONG soutenue par les Verts du Parlement Européen, le Monde Diplomatique, et la Fondation Suisse de l'Energie. 11/7/2013

World Nuclear Association en particulier Emerging Nuclear Energy Countries et les tableaux généraux.

Elecnuc Les centrales nucléaires dans le monde CEA

Eurostat « energy in figures »2013

Nuclear energy institute (Etats unis)

I) Electricité : la part du nucléaire régresse.

La progression des fournitures d'électricité nucléaire a fléchi progressivement, surtout à partir de l'an 2000, pour plafonner en 2006 à 2660 TWh pour l'ensemble de la planète. Ensuite la tendance est à la stagnation, voire une très légère baisse. En 2010, donc avant l'accident de Fukushima, elle était de 2630 TWh². Parallèlement, la consommation d'électricité mondiale continuait à exploser : +62% de 1995 à 2010, alors que les fournitures nucléaires n'augmentaient que de 20%. En conséquence, la part du nucléaire dans la fourniture mondiale d'électricité a baissé, et ceci avant l'accident de Fukushima.

L'impact de Fukushima

Le parc nucléaire japonais est pratiquement à l'arrêt pour un temps indéterminé. La baisse de production nucléaire peut être estimée à 240 TWh³ par an. L'Allemagne a décidé, à la suite de ce même accident, de stopper plusieurs réacteurs, entraînant une perte de 45 TWh. L'addition de ces deux baisses est de l'ordre de 10% de la production d'électricité mondiale nucléaire. La part du nucléaire dans la fourniture d'électricité mondiale passe par un maximum de 17% en 2001, pour baisser à 13,5% en 2010, avant l'accident de Fukushima. Cette proportion, après Fukushima, peut être estimée à 12%⁴. Le nombre de réacteurs en état de fonctionner change peu de 1995 à 2012, tournant autour de 440 (436 en 1995, 440 en 2012), les nouveaux réacteurs ne compensent pas les fermetures. L'augmentation en chiffres absolus (mais non relative), de la production jusqu'en 2006 provient en premier de l'augmentation de puissance de certains réacteurs existants. La moitié des réacteurs mondiaux, 221 sur 440 a été mise en service de 1979 à 1989, âge d'or du nucléaire. Le nombre de réacteurs en construction est de l'ordre de 70 pour le monde entier.

80% des réacteurs mondiaux ont plus de vingt ans et un tiers plus de trente ans. La part de l'atome dans la fourniture d'électricité mondiale a chuté de 17 à 12% en moins de dix ans. Le parc nucléaire de la planète vieillit. L'atome est-il mal parti ?

Pour répondre à cette question, il faut rappeler que le nucléaire a toujours un côté très politique. Il est nécessaire d'examiner la relation que les Etats ont avec l'atome. Nous avons divisé les pays en deux groupes :

- ceux dont l'industrie capable de construire des réacteurs et de les exporter.
- les autres pays qui représentent des débouchés.

II) Les constructeurs.

² AIEA Base de données PRIS.

³ Cf. la Fédération des compagnies japonaises d'électricité, FEPC.

⁴ D'après la World Nuclear Association, 11,5%, d'après le Nuclear Energy Institute, 12,3%. Ceci pour 2012. Le World Nuclear Industry Status Report descend à 10%.

Global Electrification

General Secretary: Lionel Taccon

taccoen.lionel@numericable.fr

21, rue d'Artois - F-75008 Paris

A - L'Amérique du Nord.

Le faux sommeil du nucléaire américain.

Le parc nucléaire américain est le premier du monde. Il compte 104 réacteurs et a produit en 2012 un peu moins du tiers de l'électricité nucléaire mondiale. Mais il est vieux : presque tous les réacteurs ont été construits entre 1967 et 1990. Jusqu'en 2013, aucun nouveau chantier n'avait été ouvert depuis...1977. Cependant, cette inactivité (plus de trente ans sans nouvelle construction) n'est qu'apparente : le nucléaire américain s'est beaucoup transformé et ses exploitants se sont démenés.

Le taux de disponibilité est excellent : 91,1% en 2008 contre 66% en 1990 et 56,3% en 1980. Les Américains ont beaucoup travaillé, accru la puissance de certaines installations, et énormément amélioré la gestion de leur engins⁵. Ainsi les arrêts pour changement de combustibles duraient 107 jours en moyenne en 1990, ils n'étaient plus que de 40 jours en 2000. Aujourd'hui, ils sont tombés à 15 jours. Le rendement thermique est passé de 32,49% en 1980 à 33,40% en 1990 puis à 33,85 en 1999. Cela paraît minime, mais cela revient à ajouter la production d'un réacteur de taille moyenne (1000 MWe), sans avoir à le construire et à le payer. Les efforts n'ont pas été seulement techniques : en 1991, 101 compagnies d'électricité avaient des intérêts dans des installations nucléaires. Fin 1999, elles n'étaient plus que 87 et 12 d'entre elles possédaient 54% des capacités nucléaires. Aujourd'hui, dix compagnies possèdent 70% du parc. En 1995, 45 compagnies étaient des opérateurs de centrales nucléaires. Elles ne sont plus que 25 aujourd'hui et souvent signent des accords de coopération de gestion. Et ces mouvements de concentration, facteur d'économie, ne sont pas terminés...

Le parc nucléaire américain *existant* produit de l'électricité à 2,4 centimes de \$ le kWh, le gaz et le charbon à environ 3,3 centimes⁶. Il a fourni en 2012, 19% de l'électricité du pays.

Aujourd'hui, le nucléaire américain contribue aux bas prix de l'électricité aux Etats-Unis (en moyenne deux fois moins élevés qu'en Europe). En France, les prix moyens de l'électricité sont, en moyenne, 60% plus élevés⁷.

Souvent, on attribue à l'accident de Three Mile Island (1979)⁸ l'arrêt des constructions nucléaires aux Etats-Unis. Or cet arrêt s'est produit *plusieurs années avant*. Le système judiciaire américain à plusieurs niveaux permettait de rallonger la durée de construction en déposant des plaintes. Les tribunaux stoppaient les chantiers le temps de leur réflexion, ce qui augmentait les coûts et dissuadait les compagnies de lancer des nouveaux projets. C'est pourquoi, dès la fin du XXème siècle, des dispositions législatives successives ont été mises en œuvre débouchant sur l'« *Energy Policy Act* » de 2005, pour donner aux constructeurs nucléaires une plus grande sécurité juridique (entre autres dispositions). A cette époque, les conditions de relance à grande échelle du nucléaire étaient réunies et des projets très importants apparurent. Mais, parallèlement, la révolution du gaz de schiste éclata Outre-Atlantique, rendant le nucléaire non compétitif et faisant même reculer le charbon. A part un vieux projet souvent interrompu, les trois autres sont des réacteurs AP1000 de Westinghouse, rival de l'EPR français d'Areva. L'industrie nucléaire américaine propose d'autres types de réacteurs, mais son fer de lance est l'AP1000.

⁵ Areva participe à ces efforts. Mille salariés de l'entreprise française travaillent dans cette activité aux USA.

⁶ On se reportera au texte de la World Nuclear Association sur les Etats-Unis.

⁷ On se reportera à notre étude « Etats-Unis : l'électricité deux fois moins chère qu'en Europe » sur www.geopolitique-electricite.fr de nov. 2012.

⁸ Qui n'a causé aucune victime, ni aucun dégât sur l'environnement.

La révolution du gaz de schiste a empêché une relance du nucléaire aux Etats-Unis. La transition énergétique Outre-Atlantique ne comporte pas de sortie du nucléaire et le parc actuel de réacteurs, le premier du monde, sera en quasi-totalité, prolongé de vingt ans. Mais le marché intérieur américain est bien faible.

Le petit frère canadien

Le Canada a été un pionnier du nucléaire civil. Les 19 réacteurs en fonctionnement produisent 15% de l'électricité. Le pays a développé une filière nationale, dite CANDU, qui a la particularité d'utiliser l'uranium naturel, évitant les frais d'enrichissement. Cet avantage est grignoté par les coûts liés à l'utilisation de l'eau lourde. Il n'y a pas aujourd'hui de projets de nouvelles constructions dans le pays. « Les faibles prix du gaz et la rapidité avec laquelle les centrales à gaz sont construites rendent difficiles la construction de nouvelles centrales nucléaires »⁹. Cependant, comme aux Etats-Unis, maints réacteurs verront leur durée de vie prolongée, après réfection. Notons que des réacteurs canadiens sont très importants pour la fourniture mondiale des isotopes radioactifs médicaux. Le Canada a réussi à exporter 31 de ces réacteurs dans sept pays, dont 13 en Inde, mais aussi en Roumanie, la Chine et l'Argentine, etc.

Les réacteurs Candu et leurs dérivés locaux forment aujourd'hui la plus grande partie du parc nucléaire indien. Le parc nucléaire canadien ne s'accroîtra pas à moyen terme. Le modèle local de réacteur, Candu, ne dispose pas de marché intérieur et est fortement concurrencé à l'exportation par les réacteurs à eau pressurisés et à uranium enrichi.

B - L'Europe.

France : Une bien longue pause.

Durant seize ans, de 1991 à 2007, aucun chantier nucléaire n'a été ouvert en France.

Depuis que la Cogema (combustibles nucléaires) est sortie du Commissariat à l'Energie Atomique et a fusionné avec Framatome, les trois acteurs principaux du nucléaire français sont l'*Etat*, EDF et Areva (qui regroupe Framatome et la Cogema).

L'Etat. Vers la fin du siècle dernier, on commence à envisager l'ouverture d'un chantier nucléaire, le premier depuis ceux du parc nucléaire actuel. Il s'agit de construire un réacteur EPR, nouveau produit mis au point conjointement par Areva et l'Allemand Siemens. Le gouvernement socialiste de Lionel Jospin, devant l'hostilité des Verts, y renonce. Ce même Gouvernement décide de démanteler le surgénérateur Superphénix, ce qui handicape considérablement le développement en France de cette filière de génération IV de réacteurs, alors que le pays était leader mondial en la matière. Finalement, le premier chantier français d'EPR s'ouvre à Flamanville en 2007, sous un gouvernement conservateur. Un second chantier est envisagé à Penly, près de Dieppe. Il sera repoussé en 2011, à la suite de l'accident de Fukushima. Un nouveau gouvernement socialiste, arrivé au pouvoir en 2012, confirme la construction de l'EPR à Flamanville, mais renvoie le second (Penly) aux calendes grecques. Il annonce la fermeture du plus ancien des réacteurs du parc actuel, Fessenheim, fin 2016, et la réduction de la part du nucléaire de 75 à 50% dans la fourniture d'électricité à l'horizon 2025. D'une manière générale, le gouvernement actuel s'exprime peu quant à l'organisation de l'industrie nucléaire et sa stratégie internationale.

⁹ Nuclear Energy Sector, Canadian Nuclear Association, Saskatoon Workshop Report -8/7/2013

Le Gouvernement actuel se montre discret quant aux exportations des réacteurs français. Il est peu apparu lors des négociations heureuses au Royaume-Uni et en Turquie, laissant dans ce dernier cas l'initiative au Premier Ministre Japonais¹⁰.

EDF, traditionnellement, jouait deux rôles dans le nucléaire. Le premier est la gestion des chantiers de centrales électriques, donc des chantiers nucléaires. Habituellement les compagnies d'électricité achètent leurs « centrales clés en main », sans se mêler de la construction. Ce n'est pas le cas d'EDF. La Direction de l'Équipement de l'entreprise a mené, après la guerre, un important programme de barrages hydrauliques. Très naturellement, elle a pris en main les chantiers nucléaires de la fin du XXème Siècle qui ont mené au parc nucléaire actuel. Le deuxième rôle est la gestion de ce parc, le plus important du monde possédé par une seule compagnie d'électricité. Il fournit entre 75 et 80% de l'électricité française et 17% de l'électricité nucléaire mondiale.

L'entreprise a subi un grand changement au début des années quatre vingt dix, c'est-à-dire après la réalisation du parc nucléaire actuel. Durant vingt ans (1967-1987), elle a été dirigée, soit comme Directeur Général, soit comme Président par une personnalité exceptionnelle, Marcel Boiteux, normalien scientifique, entré à EDF comme ingénieur en 1949. Il prend sa retraite en 1987. L'Etat français, après maintes privatisations n'a plus beaucoup de postes de chefs d'entreprises à sa disposition. A partir de 1992, aucun Président ne sera plus issu d'EDF. Ils voudront gouverner.¹¹ Les premiers parachutages ayant été mal supportés, la fonction de Directeur Général est supprimée et désormais le Président gouverne seul. Sauf un, les cinq présidents qui vont se succéder ne sont pas des scientifiques et naturellement aucun n'a vécu, ni de près ni de loin, l'aventure de la construction d'une centrale nucléaire. Leur compétence et leur gestion ne sont pas en cause, mais leur vision du nucléaire n'est plus celle de leurs prédécesseurs. Présidents et entourage (souvent arrivé avec eux apprécient le bas coût de l'électricité nucléaire et défendent fermement l'existence du parc de réacteurs. Ils souhaitent vivement, comme aux Etats-Unis, la prolongation de son fonctionnement. Ils sont réticents à fermer Fessenheim, sauf bien sûr, s'il y a des compensations financières.

Par contre, un nouveau chantier nucléaire leur paraît une aventure technico-financière pleine d'inconnus dont ils craignent de mal maîtriser le déroulement. Les déboires du chantier de Flamanville ont confirmé leurs craintes. Il faut ajouter que l'outil de maîtrise des chantiers, la Direction de l'Équipement d'EDF a mal supporté les seize ans de pause, et a perdu la plupart de ses ingénieurs.

C'est dire que seize ans sans ouverture de chantier nucléaire n'ont pas vraiment gêné les nouveaux patrons d'EDF. Et le report de l'EPR de Penly non plus. La filiale d'EDF au Royaume-Uni, EDF Energy, a finalement obtenu, fin 2013, des conditions de financement de la part du gouvernement britannique permettant de lancer la construction de deux réacteurs EPR. Les difficiles négociations ont été menées principalement et de bout en bout par le patron de la filiale britannique d'EDF, EDF Energy¹². D'aucuns pensent que leur échec n'aurait pas été vécu à EDF comme un drame.

La mise au point des nouveaux réacteurs français, EPR et Atmea1, a souffert de l'effacement relatif des ingénieurs EDF de l'ex-Direction de l'Équipement, ce qui a certainement joué dans la dérive des coûts du nucléaire. Car EDF veillait à ses finances et souhaitait des réacteurs simples et fiables.

EDF souhaite prolonger la vie du parc nucléaire existant et y parviendra probablement. L'entreprise préfère repousser la construction de nouveaux réacteurs en France. Au Royaume-Uni, elle facilitera une implication forte d'autres acteurs, y compris pour la conduite des chantiers, comme les compagnies chinoises.

¹⁰ L'offre à la Turquie concerne un projet franco-japonais développé conjointement par Areva et Mitsubishi.

¹¹ Paul Delouvrier, Président (1969-1979) laissa l'essentiel de la gestion à Marcel Boiteux.

¹² Un ingénieur issu de l'entreprise...

Areva décida à la fin du siècle dernier de mettre au point, avec l'Allemand Siemens un nouveau produit nommé Evolutionary Pressurized Reactor en abrégé l'EPR, qui devait être construit en France et en Allemagne. La conséquence est que l'EPR est un prototype, et non la suite naturelle des 58 réacteurs français. Il n'y eut pas que de bonnes fées autour du berceau de l'EPR. Les Verts, qui tenaient l'Autorité de Sûreté Nucléaire allemande, compliquèrent le projet, dans le but de le rendre inconstructible. Là-dessus, il fallut se rendre à l'évidence : il n'y avait aucun marché pour de nouvelles centrales nucléaires en Allemagne. Ce qui rendait inéluctable la rupture entre AREVA-Framatome et Siemens, concrétisée en 2009.

La gestion des chantiers nucléaires a été longtemps un sujet de friction entre EDF et Areva. Comme indiqué plus haut, EDF, de tout temps, a géré ses chantiers de centrales électriques et disposait pour cela de sa très compétente « Direction de l'Equipement ». Areva aurait voulu gérer les chantiers nucléaires français mais se trouva confiné à la seule construction du réacteur (l'îlot nucléaire). La frustration d'Areva se prolongea lors des tous premiers chantiers en Chine. En effet, les Chinois demandèrent explicitement l'intervention de la Direction de l'Equipement d'EDF. Areva obtint une commande de réacteur EPR en Finlande en 2005. L'entreprise jugea qu'il était enfin temps de gérer l'ensemble du chantier nucléaire. Las... les compétences correspondantes ne s'improvisent pas, et les déboires, retards et surcoûts, apparurent très vite. Lorsque EDF ouvrit le chantier d'un autre EPR, en France, l'entreprise voulut reprendre les bonnes habitudes et gérer le chantier comme auparavant. Las...les seize ans de pause de chantier avaient fait disparaître beaucoup de compétence et la Direction de l'Equipement était disparue.

Les deux chantiers, français et finlandais connurent des déboires similaires...quatre ans de retard et un coût multiplié par 2,5, Areva n'avaient pas encore les compétences nécessaires et EDF les avaient largement perdues. On notera qu'aux Etats-Unis la gestion des constructions de centrales électriques est assurée par des entreprises spécialisées dans des grands chantiers complexes¹³, ce qui a permis, au moins pour cette fonction, d'éviter les conséquences de la pause nucléaire de trente ans.

L'ennui était que les déboires des chantiers finlandais et français faisaient douter de la viabilité du réacteur EPR. Le salut vint de Chine, où un chantier de deux EPR se déroule suivant le planning prévu et au coût annoncé. Certes, le projet chinois bénéficiait des expériences européennes. Mais, comme il devance désormais les chantiers européens, cette explication a des limites. Surtout, les ingénieurs chinois ont géré de nombreux chantiers nucléaires depuis vingt ans et acquis les compétences correspondantes. Le bon déroulement de la construction de deux EPR en Chine a joué dans la décision britannique d'en accepter la construction sur son sol¹⁴.

Areva dispose d'un autre produit, le réacteur Atmea 1, élaboré de concert avec le japonais Mitsubishi. En 2013, Atmea 1 a été préféré à ces concurrents pour le projet nucléaire turc de Sinop. Une compagnie d'électricité est associée au projet. Ce n'est pas EDF mais GDF-Suez, qui gère adroitement le parc nucléaire belge. On notera qu'au niveau politique les contacts avec le Gouvernement turc ont été assurés par le Premier Ministre japonais. Le Gouvernement français a observé sa discrétion habituelle à part une déclaration d'Arnaud Montebourg en octobre 2013. Rappelons cependant que l'annonce de négociations exclusives avec le consortium franco-japonais datait d'une rencontre entre les Premiers Ministres turcs et japonais, le 3 mai précédent.

L'industrie nucléaire française a peu à attendre du marché français. Mais Areva propose deux réacteurs à l'exportation. Les récents succès au Royaume-Uni et en Turquie permettent d'être optimiste pour d'autres ventes.

¹³ Lorsque EDF a envisagé de se joindre à des projets nucléaires aux Etats-Unis, il était prévu que la gestion des chantiers soient assurée par une de ces entreprises, Bechtel, et non assurée par EDF.

¹⁴ On se rapportera à la visite du chantier chinois du Chancelier de l'Echiquier, Georges Osborne le 17 octobre 2013

La Russie : la renaissance du nucléaire.

L'accident de Tchernobyl (1986) et l'effondrement de l'URSS (1990) furent de rudes coups pour le nucléaire russe. Sa renaissance actuelle est due à plusieurs facteurs :

- a reprise de la consommation d'électricité (+25% de 1998 à 2008)
- le vieillissement des centrales électriques existantes (quel qu'en soit le type)
- le souci de privilégier le gaz russe pour l'exportation, qui est cinq fois plus rémunératrice que la combustion dans des centrales électriques locales Les ventes de gaz ont rapporté 84,5 milliards de \$ en 2012, dont 61 milliards pour l'Europe.

Le but de la compagnie d'électricité qui contrôle le secteur, RAO Unified Energy System (UES) est de faire baisser la part du gaz (50%) dans ses fournitures. Le nucléaire n'est pas la seule possibilité, l'hydraulique est également en cours de renforcement.

Le parc nucléaire existant : des améliorations remarquables.

Le premier signe de la renaissance du nucléaire russe est une forte augmentation de la disponibilité des réacteurs, signe certain d'une gestion bien plus efficace. De 60%, elle est passée à 81% en 2010, et 2011, *au-dessus du chiffre français*. Initialement, les réacteurs russes étaient prévus pour fonctionner 30 ans. Comme aux Etats-Unis, ils seront si possible prolongés, ce qui implique une amélioration de la sûreté. Actuellement, on estime que cet allongement du temps de fonctionnement concernerait un peu moins de la moitié des réacteurs. Parallèlement, des modifications sont prévues pour augmenter la puissance de certaines installations. En 2012, le parc nucléaire russe représentait un peu plus du tiers du parc français, avec une puissance installée supérieure à 24 000 MWe (33 réacteurs). Il fournissait 16,5% de l'électricité, (11% en 1990). Toutes les installations sont gérées par une seule compagnie, Rosenergoatom, soumise à l'autorité de l'Agence Fédérale de l'Energie Atomique (Rosatom).

De grandes ambitions ...pas toujours réalisées.

Rosatom a des vues spectaculaire pour l'avenir : 45-50% de l'électricité russe en 2050, 70-80% à la fin du siècle proviendrait de l'atome. Le parc nucléaire serait alors composé principalement de surgénérateurs, réacteurs de quatrième génération, dont la consommation de combustibles serait tellement faible que tout risque de pénurie disparaîtrait. Les objectifs russes sont souvent revus à la baisse. Aujourd'hui, huit réacteurs à eau pressurisée de type VVER sont en construction en Russie, un à Beloyarsk, deux à Novovoronezh, deux à Rostov et deux à Leningrad. L'ensemble représente environ 9000 MWe. Le huitième, Baltic 1 est en chantier dans l'enclave russe de Kaliningrad avec l'intention d'exporter son électricité dans les pays proches, comme la Lituanie. Les Lituanais n'ont pas que des bons souvenirs de leur appartenance à l'URSS. Il n'est pas certain que Baltic 1 réussisse à exporter son électricité et son avenir est incertain. Cependant, le 4 juillet 2013, le patron de Rosatom a confirmé la continuation du chantier, en admettant un retard. Par contre, la construction du réacteur Kursk 5 de type RBMK a été abandonnée¹⁵. Un neuvième, un surgénérateur est en fin de construction à Beloyarsk.

Vingt huit autres réacteurs sont planifiés officiellement pour entrer en fonction d'ici 2025, l'ensemble, représentant plus de 29 000MWe. A part les surgénérateurs, l'essentiel des réacteurs en constructions et planifiés sont de type VVER, à eau pressurisée, comme le Français EPR ou l'Américain AP1000.

¹⁵ Tchernobyl était du modèle RBMK.

En 2025, les parcs nucléaires français et russes pourraient être de puissance équivalente.

Le programme russe comporte quelques particularités. Il comprend des réacteurs de petite taille fournissant électricité et chaleur pour des agglomérations isolées (Sibérie), pouvant être placés sur des barges. Des réacteurs similaires sont utilisés comme moteurs de brise-glace.

Mais surtout les Russes mettent au point des *surgénérateurs* de grande taille, comme celui que les Français possédait à Creys Malville (Isère), et en cours de démantèlement (Superphénix). Ce type de réacteur de quatrième génération, très économe en combustible nucléaire permettrait de repousser aux calendes grecques une éventuelle pénurie d'uranium. Nous avons mentionné plus haut la construction d'un surgénérateur de 800 MWe à Beloyarsk. Il rejoindra une première installation de 600 MWe. Comme à Superphénix, le fluide réfrigérant est du sodium, qui a d'ailleurs été fourni par les Français. Les Russes vont tester d'autres fluides réfrigérants. Un accord entre la Chine et la Russie prévoit des constructions communes de surgénérateurs.

Un concurrent redoutable à l'exportation

Les Russes proposent essentiellement aujourd'hui à l'exportation leurs réacteurs VVER¹⁶, un réacteur à eau pressurisée (donc du même type que l'EPR français ou l'AP1000 américain) bien différent des installations de Tchernobyl.

Qu'ils aient exporté en Chine n'est pas extraordinaire. La Chine tient à connaître les principaux produits mondiaux. La Russie a construit deux VVER à Taïwan (province de Jiangsu), aujourd'hui en fonctionnement, et deux autres sont en chantier. A cela s'ajoute un surgénérateur (voir plus haut).

Qu'ils aient exporté en Inde n'a rien d'étonnant : l'URSS commerçait déjà largement avec ce pays. Les deux VVER de Kudankulam (Etat de Tamil Nadu) seront terminés en 2014. Deux autres sont planifiés officiellement au même endroit. Idem pour deux réacteurs aux Bengladesh où le projet a été confirmé. Qu'ils aient obtenu la commande de deux VVER en Belarus est normal. L'ex-Biélorussie, devenue le Belarus, est le petit frère de la Grande Russie.

En Iran qu'ils aient construit la centrale de Bushehr s'explique aisément : à part eux, personne ne voulait travailler pour les Ayatollahs. Et un VVER de plus ! Un peu particulier quand même, il a fallu tenir compte du début de la construction suivant un modèle Siemens allemand.

Qu'ils soient bien placés au Vietnam n'est pas un mystère : ils furent leur grand allié. Et deux VVER de plus planifiés ! Tout cela fait tout de même un remarquable carnet de commandes : Areva-Framatome serait comblé avec la moitié !

Les derniers succès russes à l'exportation ont une toute autre signification.

En Turquie, la construction de quatre VVER à Akkuyu, sur la côte méditerranéenne de la Turquie, dénote la volonté russe de sortir du champ d'exportation traditionnel. Après la remise en juillet 2013 de l'étude d'impact sur l'environnement, les autorisations de construction devraient être obtenues en 2014. En son temps le projet d'Akkuyu avait intéressé le Français Framatome et l'Américain Westinghouse.

En Jordanie l'offre russe était en concurrence avec celle franco-japonaise d'Areva-Mitsubishi et une société canadienne. *C'est le VVER russe qui a été choisi.*

La renaissance nucléaire russe est un fait accompli. Le développement du parc nucléaire russe va se poursuivre. L'industrie russe a pu se permettre de dédaigner une alliance

¹⁶ La puissance varie de 1000 à 1200MWe donc plus petit que l'EPR (1700 MWe), comparable à l'américain AP1000

avec l'allemand Siemens après que celui-ci ait rompu avec Areva. En Jordanie, dans un appel d'offre ouvert, elle a été préférée à Areva-Mitsubishi et à un concurrent canadien. Désormais, l'industrie nucléaire russe est un concurrent redoutable, d'autant plus qu'elle possède un réel marché intérieur. La Russie a remplacé la France comme leader mondial des surgénérateurs, les réacteurs-clefs de quatrième génération.

C- L'Asie.

La Chine : vers le leadership mondial

Depuis le départ en retraite de Li Peng, l'un des artisans de la fulgurante expansion économique chinoise¹⁷, l'atome chinois a perdu son protecteur. Néanmoins, le secteur électrique du pays est tellement grand (le premier du monde) que fournir 2% de l'électricité d'un ensemble gigantesque fait du nucléaire chinois l'un des premiers du monde. Après une courte réflexion-pause après Fukushima, l'élan est reparti. Avec trente réacteurs en construction, la Chine est le plus grand chantier nucléaire au monde. Le noyau dur, aussi bien du parc existant que des chantiers actuels est issu des réacteurs français fonctionnant actuellement. Les Chinois ont de grandes ambitions :

- ils ont « sinisé » les produits français, comme nous avons « francisé » le modèle américain il y a une quarantaine d'années. Le résultat le plus élaboré est l'ACPR 1000+¹⁸, descendant du réacteur français de 900 MWe. Les Chinois estiment que ce produit est exempt de propriétés intellectuelles françaises et qu'ils peuvent donc l'exporter sans contraintes.

- ils testent, en grandeur nature, les nouveautés du monde entier. Le parc nucléaire chinois comprend des VVER russes en fonctionnement, d'autres sont en chantier. Deux EPR français sont en construction, quatre AP1000 américains également.

Les Chinois pensent à l'avenir : deux types de réacteurs de quatrième génération sont en construction ou planifiés : un réacteur haute température (les Allemands avaient démarré la construction d'un tel engin, disparu dans leur débâcle nucléaire) et un surgénérateur (avec les Russes). Les Chinois sont très exigeants quant aux transferts de technologie.

L'industrie nucléaire chinoise est en train d'acquérir une grande partie des compétences de l'industrie nucléaire mondiale, et en particulier celles qui correspondent aux principaux modèles de réacteurs produits par différents pays. Ils seront les seuls à posséder cette synthèse.

La Chine possède des techniciens capables de gérer avec compétence les chantiers nucléaires. Elle commence à exporter et on peut en ce domaine lui promettre un brillant avenir. Jusqu'ici elle a proposé son modèle ACPR 1000+ au Pakistan qui sera probablement construit. Très récemment (octobre 2013) a été annoncée la participation chinoise aux deux EPR construits par la filiale d'EDF britannique au Royaume-Uni.

Les problèmes graves de pollution apparus dans maintes grandes villes chinoises, sont susceptibles d'augmenter le marché intérieur, déjà le premier du monde. Le pays rassemble tous les ingrédients pour devenir le leader du nucléaire civil mondial.

Corée du Sud : victoires et scandales

¹⁷ Et de la répression de Tian An Men...

¹⁸ Le + signifie que l'expérience de Fukushima a été prise en compte.

A priori, le nucléaire en Corée du Sud est une « success story ». Avec 23 réacteurs en fonctionnement, le nucléaire a fourni 29% de l'électricité en 2012¹⁹. Le coût est bas, 3 centimes de \$ le kWh, bien moins que le courant issu du charbon ou du gaz. Il faut préciser que le pays importe 97% de ses combustibles. Le but est de développer le parc nucléaire : il passerait à 40 réacteurs en 2030 et fournirait 59% de l'électricité. Le nucléaire, bon marché, a aidé à la croissance économique du pays, en moyenne de 8,6% par an depuis trente ans, qui a provoqué une augmentation à peu près parallèle de la consommation d'électricité. La crise économique récente a affecté la Corée du Sud. Aujourd'hui l'économie est repartie, mais un rythme plus faible (+2,3% au second trimestre 2013).

Au départ la technologie utilisée provenait des Etats-Unis (Westinghouse), de France (Areva) et du Canada. L'apport américain était dominant. L'industrie locale a développé ses propres produits. Avec le réacteur APR 1400, les Coréens disposent d'un réacteur qui, en principe, ne dépend plus de la propriété intellectuelle américaine (Westinghouse).

En décembre 2009, l'APR 1400 coréen est choisi par les Emirats Arabes Unis et sera construit près d'Abou Dhabi. La commande est gigantesque : 20 milliards de \$. Le Français Areva est évincé alors que le Président Sarkozy avait lui-même appuyé l'offre. En France la déception est énorme. La Corée exulte et le Ministre responsable fixe un objectif : exportation de 80 réacteurs pour 400 milliards de \$ d'ici 2030. Une des forces de la Corée du Sud est la disponibilité record de ses réacteurs : 96,5% avant les incidents que nous allons relater.

Fin mai 2013, dix des vingt trois réacteurs coréens furent mis à l'arrêt dans le « cadre d'une enquête sur l'achat par des fonctionnaires corrompus de pièces falsifiées »²⁰ Ces affaires de corruption et de pots de vin empoisonnent le secteur nucléaire local et ont perturbé la fourniture d'électricité.

L'exportation montre des faiblesses d'un autre ordre. Fin décembre 2010, stupéfaction à Vilnius (Lituanie). Les Coréens, après avoir été choisis pour la construction d'une centrale nucléaire, retirent leur offre sans explication. Notre avis est qu'ils ont cédé à des pressions de la Russie²¹, qui souhaitait construire dans l'enclave de Kaliningrad une autre centrale nucléaire, Baltic 1 pour alimenter la Lituanie. En 2013, la Lituanie refuse l'électricité de Baltic 1 contraignant les Russes à retarder un chantier largement avancé. Affaire à suivre. En Turquie, les Coréens ont du renoncer au projet de centrale nucléaire de Sinop, car ils n'ont pas présenté des offres de financement suffisantes.

²²

Les Coréens vont nettoyer leur secteur nucléaire et, localement, le développement de cette énergie va se poursuivre. A l'exportation, le pays peut rencontrer des difficultés politiques et financières qui le mettent en position de faiblesse vis-à-vis de concurrents de nations plus puissantes.

Japon : le crash

Qu'il était beau le nucléaire au Japon avant l'accident de Fukushima ! Le troisième parc au monde derrière les Etats-Unis et la France : 50 réacteurs totalisant plus de 44000 MWe nets (France : 63130 MWe) et deux en construction. Plus du quart de l'électricité venait en 2010 de l'atome.

¹⁹ Agence internationale de l'énergie.

²⁰ Cf. L'Usine Nouvelle, 28 mai 2013.

²¹ A l'époque, les tensions avec la Corée du Nord étaient vives et l'appui de Moscou était le bienvenu.

²² Une offre franco-japonaise (Areva-Mitsubishi) appuyé par GDF-Suez a prévalu.

Dépendant à 84% de l'extérieur pour ses besoins d'énergie primaire, le pays comptait sur le nucléaire pour desserrer quelque peu cette contrainte. Peu de temps avant l'accident de Fukushima, il était prévu par le Ministère responsable (le METI) de construire une nouvelle capacité de 13000 MWe d'ici 2019 afin que 41% de l'électricité proviennent de l'atome. Ainsi le parc nucléaire japonais serait devenu en 2020, le second du monde, ex-æquo avec la France.

Fukushima a balayé tout cela. La législation veut que tout démarrage ou redémarrage de réacteurs soit approuvé par les autorités locales. Naturellement, chaque réacteur est tenu à des arrêts programmés, ne serait-ce que pour recharger du combustible. Compte tenu de l'opinion publique les autorités locales refusent cette autorisation, ce qui fait que le parc nucléaire japonais s'est progressivement arrêté. Il existe, contrairement à l'Allemagne, un fossé entre l'opinion publique, hostile au nucléaire et de puissants milieux politiques et industriels, qui l'estiment indispensable à l'économie du pays. Ces derniers ont amorcé un plan, modeste, de redémarrage progressif du parc nucléaire. La réussite de ce processus est incertaine. Récemment, l'ancien Premier Ministre Koizumi a exhorté son successeur, Abe, du même parti, à renoncer au nucléaire.

Le plus probable est que le nucléaire, pour un temps indéfini, ne joue plus de rôle notable pour l'approvisionnement en électricité du Japon.

La première conséquence est la renonciation officielle du pays à ses objectifs concernant le rejet des gaz à effet de serre, liés à la lutte contre le réchauffement climatique. Le pays non seulement ne diminuera pas ces rejets par rapport à 1990, mais les augmentera de 3% en 2020²³.

Cette situation est grave pour l'importante industrie nucléaire nipponne, qui possède néanmoins certains atouts. Toshiba est propriétaire de l'américain Westinghouse, société d'importance historique, qui propose un produit d'avenir, le réacteur AP 1000, construit en Chine et aux Etats-Unis. Japan Steel Works est la seule société au monde à forger des composants de réacteurs de très grandes tailles (comme les cuves des EPR français). Mitsubishi développe avec le Français Areva un nouveau réacteur, l'Atmea 1, qui sera probablement construit en Turquie. En Lituanie, Hitachi est bien placé pour l'éventuelle centrale de Visaginas.

Le Premier Ministre Abe mouille sa chemise : c'est lui qui a lourdement appuyé le projet franco-japonais de réacteurs Atmea en Turquie²⁴, rencontrant plusieurs fois à ce sujet le Premier Ministre Turc Erdogan.

Il faudra suivre les initiatives nucléaires japonaises au Kazakhstan et au Vietnam.

Au Japon, le parc nucléaire est dans le coma. L'industrie nucléaire nipponne a su créer des liens extérieurs, avec les Etats-Unis (Toshiba a acheté Westinghouse), avec la France (Areva collabore avec Mitsubishi). Elle continuera à exporter.

Quatre pays constructeurs de centrales nucléaires ne disposent plus de marché intérieur significatif. Un cinquième est une puissance moyenne. Quarante réacteurs en construction sur soixante dix se trouvent en Russie et en Chine. Ces deux pays sont les seuls où des réacteurs de quatrième

²³ Annoncé à la conférence de Varsovie sur le climat. Cf. Le Monde, 15/11/2013

²⁴ Le Gouvernement français, dans cette affaire, s'est montré d'une discrétion remarquable

génération sont en chantier. Il est inévitable qu'ils prennent le leadership mondial du nucléaire civil.

II) Les autres débouchés.

Un certain nombre de pays n'ont pas de centrales nucléaires en fonctionnement et n'en veulent pas. Ainsi la Nouvelle Zélande, probablement l'Australie²⁵, le Danemark et l'Autriche. Dans d'autres, comme Taïwan, le débat entre adversaires et partisans fait rage. En Inde, les opposants sont susceptibles d'empêcher certains projets. L'accident de Fukushima a accentué les refus du nucléaire et a accéléré des projets de renonciation à cette énergie.

L'Italie, après quelques velléités de construire des réacteurs, a renoncé à tout projet.

En Suisse, le Conseil Fédéral, le 7 juin 2011 a voté, par 101 voix contre 54, le non-remplacement des réacteurs existants, produisant un gros tiers de l'électricité du pays. Cela devrait conduire à l'arrêt total du parc nucléaire vers 2034. Le problème est de remplacer le nucléaire d'ici là. Notons que cette décision parlementaire semble en contradiction avec une votation populaire précédente.

En Belgique, sept réacteurs produisent plus de la moitié de l'électricité du pays. Le 20 juillet 2012, le Conseil des Ministres approuve la sortie du nucléaire en 2025 (confirmé en novembre 2013). Les deux premiers réacteurs arrêtés, en 2015, sont les plus petits (moins de 8% de la production d'électricité). Le test réel de l'arrêt du nucléaire en Belgique est repoussé à une dizaine d'année, lorsqu'il faudra remplacer, en trois ans, plus de 40% des moyens de production d'électricité du pays, ce qui relève de l'exploit.

L'Espagne : l'incertitude. Le pays a produit en 2012 ,21% de son électricité à partir de huit réacteurs. Le Gouvernement socialiste de Zapatero prônait officiellement une sortie du nucléaire, mais n'a jamais émis de législation en ce sens, ni arrêté aucune installation. Le Gouvernement conservateur actuel a réaffirmé la nécessité du nucléaire, mais ne prévoit aucune nouvelle construction. Le problème est financier. L'effort que le pays a fait pour les renouvelables, et qui est pratiquement stoppé, a vidé les caisses. Sans prolongation d'activité des réacteurs actuels, le parc nucléaire espagnol devrait cesser de fonctionner en 2021.

L'Allemagne est le cas le plus connu. En 2010 avant l'accident de Fukushima, le nucléaire avait produit 22,6% de l'électricité à partir de 17 réacteurs. Huit furent arrêtés à la suite de l'accident japonais, et les autres doivent être tous stoppés en 2022 au plus tard. Même si le processus de transition énergétique est modifié, ce qui est probable, le nucléaire est condamné à terme en Allemagne. L'industrie elle-même est touchée. Les grandes compagnies d'électricité se sont retirées des projets nucléaires britanniques. Le cœur industriel de l'atome allemand, Siemens, après avoir rompu avec le Français Areva, a vu son offre de collaboration repoussée par les Russes. Le nucléaire allemand n'a plus d'avenir.

Cependant, l'Agence Internationale de l'Energie Atomique pointe plusieurs dizaines de nations qui souhaitent avoir recours à l'énergie nucléaire, ou qui souhaitent développer leur parc de centrales existantes.

Un projet nucléaire est long à mettre en œuvre. Il demande une longue instruction administrative, en particulier quant à la sûreté. Il exige des financements importants. Aussi il y a loin de la coupe aux lèvres. Les projets cités ci-dessous ne sont pas exactement ceux que l'on peut trouver dans les tableaux habituels. Nous avons sélectionnés ceux qui nous paraissent confirmés. En sens inverse, nous indiquons quelques pays où nous estimons que ces projets sont mal partis.

En Europe

²⁵ « L'Australie n'a pas besoin de l'énergie nucléaire. »Premier Ministre Julia Gillard, 14/3/2011.Son parti a perdu les élections, sept. 2013.

Le Royaume Uni a décidé la construction d'un nouveau parc nucléaire. La construction des premiers réacteurs à Hinkley Point (Somerset) va commencer prochainement. D'autres suivront probablement. Le 15 octobre 2013, les dirigeants de quatre pays de l'Est européen, la Pologne, la Hongrie, la Tchéquie et la Slovaquie²⁶, ont lancé un appel à l'Union Européenne pour le soutien de leurs nouveaux projets de réacteurs. La Slovaquie a un chantier en cours. Il est possible qu'un projet voie le jour en Pologne et/ou en Lituanie. La Finlande va probablement renforcer son parc nucléaire. Un projet en Belarus paraît confirmé.

Au Moyen Orient :

- La Turquie.

Quatre réacteurs de 1200MWe vont être construits à Akkuyu, sur la Méditerranée par le Russe Rosatom. Les Russes financent largement et se paieront sur les ventes de courant avec un prix garanti. Début de construction imminent. Quatre réacteurs de 1100 MWe vont probablement être construits par Areva-Mitsubishi à Sinop sur la mer Noire. Discussions financières en cours.

- Emirats Arabes Unis.

Quatre réacteurs de 1400 MWe sont prévus sur le site de Barakah. La construction, par les Coréens, a débuté pour les deux premiers réacteurs.

- Jordanie.

Le pays a choisi la technologie russe pour bâtir deux réacteurs, qui devraient fonctionner en 2020.

- Iran

Un premier réacteur fonctionne à Bushehr en 2011. Commencé par Siemens, terminé par les Russes. Le pays en souhaite un second réacteur. Mais peut-il le payer ?

D'autres pays ont des projets à différents stades, quelquefois mirifiques comme l'Arabie Saoudite.

En Asie du Centre et du Sud

- L'Inde

Le pays a de vastes ambitions. Douze réacteurs en fonctionnement, 5300 MWe. Une demi-douzaine en construction. Le parc actuel est largement basé sur la technologie canadienne du CANDU, avec implication de l'industrie locale. Les Russes viennent de mettre en route un VVER de 900 MWe. L'Inde vise 14600 MWe en 2020. Areva est candidat avec l'EPR. Le pays a de grandes ambitions technologiques mais les programmes sont souvent en retard. Malgré des contestations locales, le parc nucléaire s'accroîtra.

- Bangladesh.

A signé en juin 2013, un accord avec les Russes pour préparer la construction de deux réacteurs à Rooppur. Rosatom prévoit un début de construction en 2015.

- Kazakhstan

Ce pays est un énorme producteur d'uranium. Au temps de l'URSS, il a abrité un surgénérateur de 1972 à 1999, produisant électricité et dessalant l'eau de mer. Des accords de coopération ont été signés avec la Russie, la Chine, le Japon, l'Inde, la France (Areva). Il serait étonnant que les projets de réacteurs du pays ne finissent pas par se concrétiser.

Extrême Orient

- Vietnam.

A un ambitieux programme de dix réacteurs totalisant 5700 MWe pour l'an 2030. Les quatre premiers seraient construits par les Russes (VVER) les suivants par les Japonais. L'accord entre la Russie et le Vietnam a été réaffirmé le 13 novembre 2013²⁷.

Afrique

- Afrique du Sud

²⁶ Appelé le Groupe de Visegrad.

²⁷ Rencontre des deux Présidents Poutine et Truong Tan Sang, Hanoi.

Possède déjà deux réacteurs fournis par l'industrie française. Le pays a un grave problème d'alimentation en électricité. Critiquée par une utilisation forte du charbon, l'Afrique du Sud souhaite investir dans les énergies renouvelables et le nucléaire... mais les problèmes sont financiers.

Amérique Latine

- Brésil

Le pays possède deux réacteurs en fonctionnement, de conception allemande totalisant 1900MWe et fournissant 5% de son électricité. Siemens, ayant renoncé à terminer le troisième, a été remplacé par le Français Areva. Ce dernier réacteur, de 1400 MWe, devrait être mis en service en 2016. Des problèmes financiers gênent la poursuite du programme nucléaire brésilien. L'AP1000 américain serait favori. Le Russe Rosatom a proposé le financement de l'opération remboursé par les recettes de la vente d'électricité, comme en Turquie.

- Argentine

Le pays possède deux réacteurs fournissant 10% de l'électricité. Un troisième est en cours de finition. Les difficultés financières nous semblent gêner la poursuite du programme.

- Mexique

Le pays possède deux réacteurs fournissant 4% de son électricité. Le développement du nucléaire au Mexique est rendu difficile par le bas prix du gaz.

III) Conclusion : des perspectives limitées.

En 2020.

Dans le passé récent l'apport des nouveaux réacteurs ne compense pas la perte de production de ceux que l'on ferme.

Prenons néanmoins les hypothèses, oh combien favorables, au nucléaire : en 2020, tous les réacteurs en construction fonctionnent (70 000 MWe), aucun réacteur actuel n'a été arrêté (même en Allemagne...), le Japon retrouve son parc nucléaire de 2010, ce qui implique le remplacement des six réacteurs de Fukushima. Nous parvenons à une croissance d'un tiers de la production nucléaire mondiale. Supposons que la consommation d'électricité mondiale continue à augmenter au même rythme, soit 2,4% par an²⁸. Cette consommation augmente plus vite que la consommation d'énergie.

La proportion d'électricité nucléaire passerait de 12% à 13,5%, soit *reviendrait, sans plus à son niveau d'avant l'accident de Fukushima. Nos hypothèses surestiment l'avenir du nucléaire.*

Ce chiffre ne sera pas atteint. Le plus probable est une stagnation à 12%

Après 2020

Les incertitudes sont énormes. Cependant la comparaison des tableaux de la World Nuclear Association, mentionnant les projets conduisant aux mises en service en 2030, avec nos commentaires par pays ci-dessus (§II) montre à l'évidence que de nombreuses installations mentionnées de verront jamais le jour ou seront reportées. Les raisons seront financières (concurrence du charbon ou du gaz), administratives (lenteur des procédures) ou politiques (refus du nucléaire).

L'augmentation de la part du nucléaire dans la fourniture d'électricité mondiale n'est pas assurée dans les années qui viennent. Ce n'est pas une bonne nouvelle pour le changement climatique.

²⁸ EDF L'énergie en question.

