

# NUCLÉAIRE & ÉNERGIES

Une publication de l'ARSCA

n°66 - Juillet 2015



## Dans ce numéro

---

AREVA - Retour en arrière

---

L'évolution du secteur énergétique

---

Électricité 2050

---

De la mine au combustible

---

L'actualité des réacteur

---

L'aval du cycle et le démantèlement

---

L'usine MFFF de Savannah River

---

Ionisation : peut-on consommer  
des aliments irradiés ?

---

Le nucléaire iranien et  
la non-prolifération

---

Quelques rappels

## ARSCA

Association d'anciens et de retraités d'AREVA

# NUCLÉAIRE & ÉNERGIES

## POINT DE VUE

AREVA - Retour en arrière

Page 3

## ÉNERGIE

L'évolution du secteur énergétique  
Électricité 2050

Page 5

Page 11

## NUCLÉAIRE

De la mine au combustible

Page 24

Les réacteurs

Page 26

L'aval du cycle et le démantèlement

Page 30

L'usine MFFF de Savannah River

Page 33

## NUCLÉAIRE et SOCIÉTÉ

Ionisation : peut-on consommer des aliments irradiés

Page 37

Le nucléaire iranien et la non-prolifération

Page 41

## QUELQUES RAPPELS

Page 48

Couverture : de belles fraises, mais faute d'étiquetage, comme cela est fréquent, il est impossible de savoir si elles ont été traitées par ionisation. Voir l'article en page 37 sur l'ionisation.

« NUCLÉAIRE ET ENERGIES » est établi à partir d'articles rédigés par différents auteurs. Ont contribué à ce numéro :

Point de vue : Bernard LENAIL

Énergie : Guy DUCROUX

Électricité : Jean-Luc SALANAVE

Nucléaire : Claude SEYVE, Jacques SIMONNET

Nucléaire et Société Sûreté : François JUSTIN, membre d'ARA (Anciens de SGN)

Iran Non-prolifération : Aimé DARRICAU

La coordination de l'ensemble des rubriques est réalisée par Claude SEYVE et Danièle RAISONNIER avec la collaboration de Bernard LENAIL en tant qu'éditeur

**ARSCA**

**Tour AREVA, Boîte 0706-B2**

**1 Place Jean Miller, 92084 PARIS LA DEFENSE**

**Mail bureau@uarga.org Site www.uarga.org**

## AREVA - Retour en arrière

Bernard Lenail

Nos lecteurs ne comprendraient sans doute pas que nous n'évoquions pas les malheurs d'AREVA, nous le ferons sans revenir sur les tristes informations relatées à foison dans la presse depuis quelques mois : pertes vertigineuses, choix stratégiques aventureux (acquisition d'UraMin, développement dans l'éolien off-shore), décisions commerciales très imprudentes (Finlande), projets mal conduits (Comurhex 2) sans oublier les défaillances du contrôle du Conseil de Surveillance et des tutelles. Tout cela pour aboutir, le 3 juin, à la décision du président de la République de *refonder l'ensemble de la filière nucléaire française* c'est-à-dire – pour employer un vocabulaire que tout le monde comprend – entériner la victoire sans partage d'EDF et le démantèlement d'AREVA puis la recapitalisation de ce qui en restera.

Il n'est plus temps d'épiloguer sur une catastrophe que beaucoup attendaient plus tôt. La création d'AREVA était-elle une bonne ou une mauvaise idée, on ne le saura jamais... Rappelons les faits avec un peu de recul mais en remontant assez loin dans le passé.

COGEMA a été créée en 1976, sans qu'EDF ait été consultée. Cela démarrait donc mal et on peut comprendre EDF : alors qu'EDF disposait gratuitement du combustible mis à sa disposition (filière UNGG), dès la création de COGEMA EDF dut acheter son combustible, payer le retraitement...la pilule était amère d'autant que le gouvernement avait imposé un protocole selon lequel EDF devait recourir préférentiellement aux services de COGEMA (uranium, enrichissement pour la filière PWR, retraitement...).

EDF n'eut de cesse de chercher à s'affranchir des obligations de ce protocole et progressivement donna la préférence au libre-échange au détriment des intérêts économiques de la nation : achats directs d'uranium en Namibie, au Canada, en Australie et de services d'enrichissement à la troïka URENCO puis en Russie. Faute d'alternative au retraitement à La Hague, prenant prétexte du report de la filière rapide, EDF voulut abandonner l'option retraitement mais dut finalement accepter le monopole de La Hague. Les choses se passèrent cependant relativement bien tant que COGEMA et ses clients étrangers assuraient le financement des nouvelles usines mais elles se gâtèrent rapidement (1992) dès qu'EDF dût prendre sa juste part des prix de revient. Depuis plus de 20 ans les négociations des contrats sont de plus en plus dures et longues, les contrats signés pour des périodes de 3 ans avec des retards de plus en plus longs (plus de 2 ans).

Du côté de FRAMATOME cela se présentait plus confortablement puisque le programme d'investissement des 58 réacteurs impliquait que le fournisseur des chaudières et ses sous-traitants soient payés rubis sur l'ongle mais la situation se dégrada assez vite en ce qui concerne les services de fabrication de combustibles (commandes à l'allemand KWU puis à l'américain Westinghouse auquel le volume commandé est aujourd'hui très significatif) et plus tard en ce qui concerne certains équipements lourds tels qu'échangeurs.

Évidemment, la création d'AREVA (réunion de COGEMA et de FRAMATOME) en 2001 n'était pas de nature à améliorer la situation avec EDF qui fit tout pour échapper à ce nouveau « géant du nucléaire » qui ne cachait pas son autosatisfaction. On se rappelle par ailleurs que le management de Framatome avait manifesté son opposition à la création d'Areva. Les conflits de personnes et les égos des chefs ont certes joué un rôle, mais le remplacement successif de ces chefs n'a pas apporté de réels changements de comportements entre les deux maisons : même si les patrons changeaient Roussely, Gadonneix, Proglia, Lévy pour ce qui est d'EDF ou Syrota (COGEMA)/Vignon (FRAMATOME), Lauvergeon, Oursel, Varin/Knoche pour ce qui est d'AREVA, seul le bruit médiatique changeait : même discrets les désaccords restaient très profonds.

Par exemple ce n'est pas AREVA qui a voulu écarter EDF de la Finlande ; par ailleurs, c'est EDF qui, à deux reprises, a refusé de faire équipe avec AREVA pour le projet des Émirats (programme voulu par les pouvoirs publics mais « *n'entrant pas dans la stratégie d'EDF* » !), c'est aussi EDF qui a cherché à favoriser ses partenaires chinois plutôt que français pour définir le réacteur de l'avenir.

Faute d'avoir mis de l'ordre pendant des décennies entre les industriels français du nucléaire placés sous son contrôle et sans avoir pesé sur les choix stratégiques, parfois contradictoires, de l'un ou de l'autre, l'État joue aujourd'hui les arbitres et, par facilité (sans doute en faisant payer la note au consommateur français par le biais d'une augmentation du prix de l'électricité) et en raison de l'urgence, passe à une « *refondation* » d'une équipe de France dont personne ne se souvient et va faire :

- d'EDF le seul fleuron à l'exportation du savoir-faire français en matière de réacteurs sans tenir compte de son manque d'expérience industrielle et des réalités du marché ; et
- d'AREVA un fournisseur qui aura du mal à développer, étranglé par un client national (uranium, conversion, enrichissement, retraitement et fabrication combustible MOX mais pas celle du combustible uranium) et n'ayant pas les moyens de se développer à l'étranger faute des capitaux indispensables et du soutien de ses tutelles.

Il y avait cependant d'autres alternatives que celle retenue le 3 juin, des alternatives permettant, avec de nouveaux entrants français et étrangers, d'espérer un futur international plus prometteur d'avenir.

Ce n'est pas AREVA qui perd, ce n'est pas EDF qui gagne, c'est tout le pays qui va perdre un atout majeur.

Et voilà que maintenant, sans doute pour contribuer à la transition énergétique, des rumeurs commencent à se répandre sur un « *recentrage* » du CEA sans qu'on sache de quel centre il s'agisse.

L'année 2015 restera décidément une très mauvaise année pour la filière nucléaire, ce n'est sans doute pas la dernière.

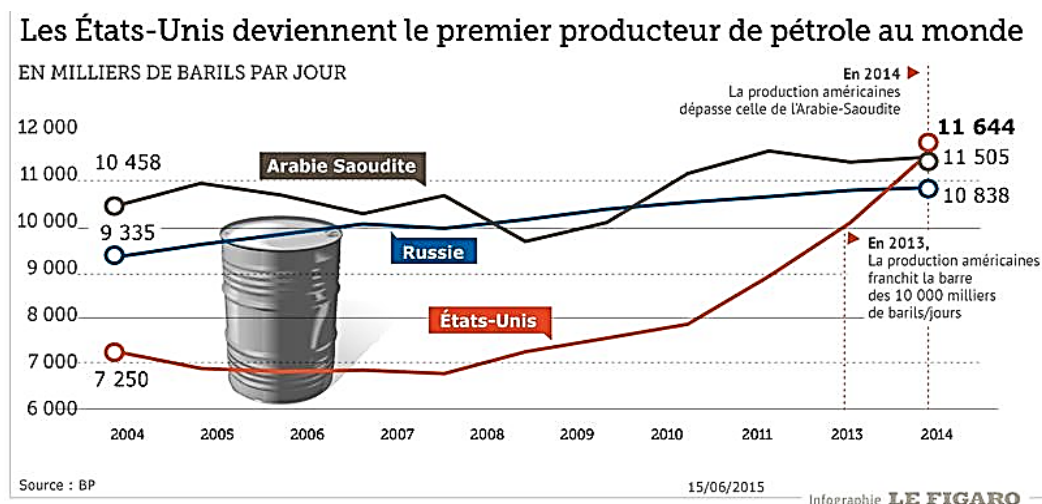
## L'évolution du secteur énergétique

Guy Ducroux

La nouvelle est tombée bien plus tôt que prévue : les Etats-Unis sont devenus en 2014 le premier producteur mondial de pétrole. L'OPEP, comme le prédisait certains experts, a confirmé sa politique de novembre 2014 qui consiste à laisser le marché fixer les prix du pétrole et conduire ainsi à une certaine stabilité que l'on espère durable tant que les positions de l'OPEP n'évolueront pas. La consommation énergétique mondiale s'est stabilisée en 2014 dans les pays du G20 et pour la première fois une rupture s'est opérée entre la croissance économique (+3,5%) et celle de la consommation d'énergie (0,3%). L'énergie nucléaire, énergie bas-carbone aura son rôle important à jouer dans la conférence mondiale sur le climat dite « COP21 » qui se tiendra à Paris en fin d'année. L'Allemagne, qui a fait le choix d'arrêter tous ses réacteurs en 2022, vit une transition difficile qui fait dire à son ministre de l'énergie, Sigmar Gabriel, dans un courrier aux syndicats « *La quadrature du cercle apparaît comme un exercice facile, par comparaison.* »

### Les États-Unis : premier producteur mondial de pétrole en 2014

Selon le rapport annuel de BP, anciennement British Petroleum, les Etats-Unis sont devenus le premier producteur mondial de pétrole devant l'Arabie Saoudite et la Russie. En 2012, l'AIE avait fait sensation en prédisant que la barre serait franchie avant 2020. Selon le groupe pétrolier, la production de brut américain a augmenté de 1,6 million de barils/jour (Mb/j) à 11,64 Mb/j, tandis que l'Arabie Saoudite est restée stable à 11,5 Mb/j. La Russie a extrait, de son côté, 10,84 Mb/j en 2014. Aux Etats-Unis, depuis une dizaine d'années, les progrès technologiques de l'exploitation sur les gaz de schiste ont permis d'accroître récemment la production de plus de 1 Mb/j pendant trois années de suite, du jamais vu note la BP. La stratégie de prix bas du pétrole devrait limiter la production du pétrole de schiste américain en raison du coût croissant des autopompes et des répercussions financières sur les 5400 milliards de dollars de crédits accordés aux entreprises du secteur. Cette industrie semble plus résiliente que prévue et l'annonce du Département américain de l'Energie (DOE), dans son dernier rapport mensuel, ne change pas la donne puisqu'il prévoit un déclin de la production entre juin et début 2016 avant de repartir à la hausse.



### L'OPEP, la politique du chacun pour soi

Le 5 juin 2015 à Vienne, l'OPEP, l'organisation des pays exportateurs de pétrole, devait confirmer sa politique, fixée fin novembre 2014 : le maintien de son quota officiel de production de 30 millions de barils par jour, fixé en 2011, malgré une surproduction mondiale d'environ deux millions de barils et la baisse vertigineuse du prix du pétrole tombé à 62 dollars pour un baril de Brent contre 115 dollars en juin 2014. L'organisation a fait savoir qu'elle ne limiterait pas sa production de façon unilatérale sans une réduction coordonnée avec des pays tels que la Russie et les États-Unis. En avril et mai 2015, la production saoudienne a dépassé 31 millions de barils. L'Arabie saoudite et ses alliés ont décidé de faire jouer les forces du marché et d'en finir avec son rôle historique de producteur d'appoint en cas de forte baisse des prix. Les Russes ont toujours refusé d'intégrer le cartel sous peine d'abdiquer une part de leur souveraineté. Il est impossible à l'administration de Barack Obama d'imposer une baisse de production aux centaines de compagnies privées américaines. Si l'on ajoute que l'Irak veut doubler, à moyen terme, sa production de 4 millions de barils et que l'Iran affiche déjà de grandes ambitions lorsque l'accord avec les occidentaux sur son programme nucléaire, et donc une levée des sanctions, sera acquis, **la guerre du pétrole ne fait que commencer** et l'OPEP n'aura plus le poids d'antan.

### L'énergie nucléaire

L'épicentre de la production énergétique d'origine nucléaire s'est déplacé vers l'Asie, titrait un quotidien récemment. L'Agence Internationale de l'Energie Atomique (AIEA) estime que d'ici 2030, la capacité des centrales nucléaires en Europe sera réduite de 35 %, alors qu'en Asie, elle sera multipliée par 4. Ce n'est sans doute qu'un phénomène cyclique et plusieurs facteurs jouent un rôle dans ce mouvement.



Source : Areva réacteurs EPR de Taishan 1&2

Tout d'abord, les économies de la Chine, de l'Inde, de la Malaisie, de Singapour, du Vietnam et de la Corée du sud se développent rapidement et favorisent une forte croissance de la consommation électrique. D'après l'AIEA, entre 1990 et 2008, la consommation d'énergie en Chine par habitant a crû de 111 % et en Inde de 42 %. Deuxièmement, la lutte contre le changement climatique exige de faire appel à une énergie propre. Face à l'ampleur du défi, le monde aura besoin de toutes les énergies bas-carbone dont le nucléaire. Selon le GIEC, dans 35 ans, 80 % de l'électricité mondiale devra être bas-carbone, contre 30 % aujourd'hui, pour contenir le changement climatique. Dans le même temps, la demande d'électricité mondiale est appelée à doubler. Un tel défi requiert l'utilisation de toutes les technologies bas-carbone : renouvelables, nucléaire et le CCS (énergies fossiles avec capture et séquestration du CO<sub>2</sub>).

Enfin et surtout, les pays asiatiques, tout comme les pays du golfe, disposent de capacités financières pour mettre en œuvre des projets d'infrastructures importants comme la construction d'une centrale nucléaire. Shinzo Abe, Premier Ministre japonais vient de rappeler récemment que le gouvernement vise 22 % d'énergie nucléaire d'ici 2030 dans le mix énergétique malgré l'hostilité de l'opinion publique et 22-24 % pour les énergies renouvelables.

C'est pour ces raisons que les grands fournisseurs américains et européens ne doivent pas abandonner leurs compétences reconnues dans la construction et l'exploitation de l'énergie nucléaire. Rappelons que le cabinet KPMG a classé la France N°1 mondiale sur 146 pays pour « la qualité de son électricité, sa disponibilité et son accès », mieux vaut donc consacrer toute notre énergie à redresser Areva, notre leader mondial du nucléaire, pour que l'électricité reste un atout économique et écologique. L'industrie nucléaire française représente 450 entreprises, plus de 125 000 emplois directs et exporte pour 6 milliards d'euros par an.

### **La consommation énergétique mondiale s'est stabilisée en 2014**

La consommation d'énergie dans les pays du G20 représente 80 % de la consommation mondiale et l'année 2014 a été marquée par quelques surprises. Alors que la croissance économique des états concernés a progressé de 3,5%, leur consommation énergétique a stagné (+0,3 %). C'est une rupture avec les années précédentes. **Pour la première fois on observe un écart significatif entre la croissance économique et celle de la consommation d'énergie.** Ce phénomène trouve son explication dans le ralentissement de la croissance chinoise, 30% de celle du G20, mais aussi dans la forte baisse de la demande en Europe (- 4,5 %) en raison d'une économie ralentie. Conséquence, les émissions de CO<sub>2</sub> liées à la production d'énergie se sont stabilisées pour la 1ère fois depuis 40 ans.

Cependant si la production d'énergie reste sur le modèle actuel, il sera très difficile de tenir les objectifs de 2030 et 2050 en termes de réduction des émissions de gaz à effet de serre. L'an dernier, le mix énergétique est resté relativement inchangé. Le pétrole, 29 % reste la deuxième énergie consommée au sein du G20 derrière le charbon, 35 %. Quant au gaz, présenté comme une énergie d'avenir, il a vu sa consommation marquer le pas en 2014 pour la première fois plafonnant à 19 % du mix énergétique.

Le Congrès mondial du gaz qui s'est tenu à Paris début juin 2015 a montré des acteurs gaziers voulant reprendre la main face au charbon malgré la tentation d'un retour au charbon en Europe et au Japon pour des considérations économiques. En effet, le gaz est actuellement trois fois plus cher en moyenne que le charbon. Ce constat a poussé les grands pétroliers de ce monde, Total, Shell, Statoil, BP, Eni et BG à invité les politiques à donner son véritable prix au carbone, 8 dollars la tonne en Europe, mais il est tellement bas, explique Patrick Pouyanné, DG de Total, qu'il n'envoie aucun signal. Voilà pourquoi les électriciens européens, surtout en Allemagne, brûlent plus volontiers du charbon que du gaz.

### **La transition énergétique**

La loi a été votée le 26 mai 2015. Les députés ont rétabli les grands objectifs initiaux du projet de loi qui avaient été modifiés par le Sénat. L'Assemblée a ainsi réaffirmé la réduction à 50 % à l'horizon 2025 de la part du nucléaire dans la production d'électricité –le Sénat avait supprimé la référence à 2025 – et a repris le plafonnement de la capacité de production nucléaire limité à 63,2 GW. De nombreux experts pensent que cet objectif ne sera pas atteint et va contraindre EDF à fermer deux réacteurs dès la mise en service du réacteur EPR de Flamanville. Par ailleurs, le financement actuel de l'obligation d'achat, par EDF ou des entreprises locales, de production d'électricité produite à partir de sources renouvelables a fait l'objet d'importantes critiques de la Cour des comptes en juillet 2013. Il est également contesté au regard du régime européen des aides d'État, et la Commission européenne a adopté en avril 2014 de nouvelles lignes directrices en matière d'aides d'État à l'énergie qui vont directement impacter les dispositifs de soutien mis en place par les États membres.

## Le Dilemme Cornélien de la transition énergétique en Allemagne

"En Allemagne, on veut sortir du nucléaire, on veut fermer les centrales à charbon, mais on ne veut pas de nouvelles éoliennes, ni développer le réseau de transport". Olaf Lies, ministre de l'Economie du Land de Basse-Saxe.

### Rapide historique de la sortie du nucléaire en Allemagne

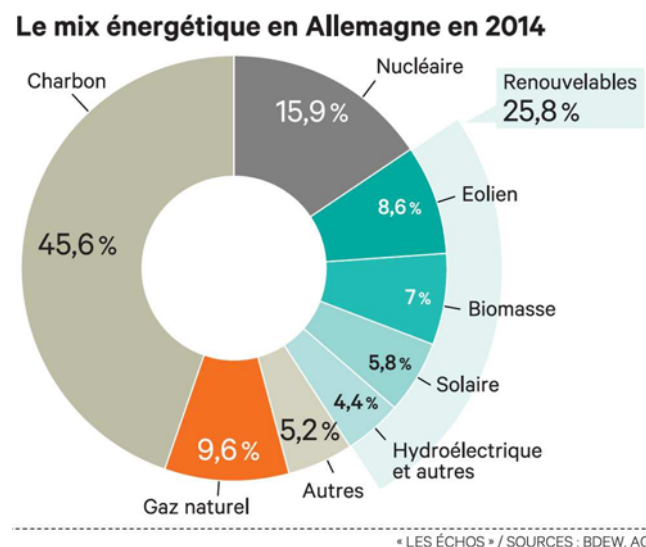
Avant l'accident de Fukushima, l'Allemagne comptait 17 centrales nucléaires en fonctionnement (11 réacteurs à eau pressurisée, 6 réacteurs à eau bouillante) implantées sur 12 sites représentant une capacité installée de 21,5 GW brute et fournissaient environ 25 % de la production électrique nationale. Citons les principales étapes du calendrier de sortie du nucléaire matérialisée par les amendements à la loi atomique de 2002, 2010 et 2011.

La **loi atomique de 2002**, prévoyait l'abandon progressif du nucléaire. Un quota de production était attribué à chaque réacteur avant son arrêt définitif. La loi interdisait la construction de nouvelles centrales ainsi que le transport du combustible et à l'entreposer sur place.

Selon la **loi atomique de 2010**, le nucléaire devait bénéficier d'une prolongation de fonctionnement dans le cadre de la transition énergétique pour aller vers 80% d'énergies renouvelables. Des quotas supplémentaires avaient été alloués à chaque centrale permettant un allongement de la durée d'exploitation de 12 ans.

La **loi atomique de 2011**, entérine la fermeture immédiate et définitive de 8 réacteurs. Les 9 autres subissent le retour des quotas de 2002 avec une fin d'exploitation fixée à fin 2022.

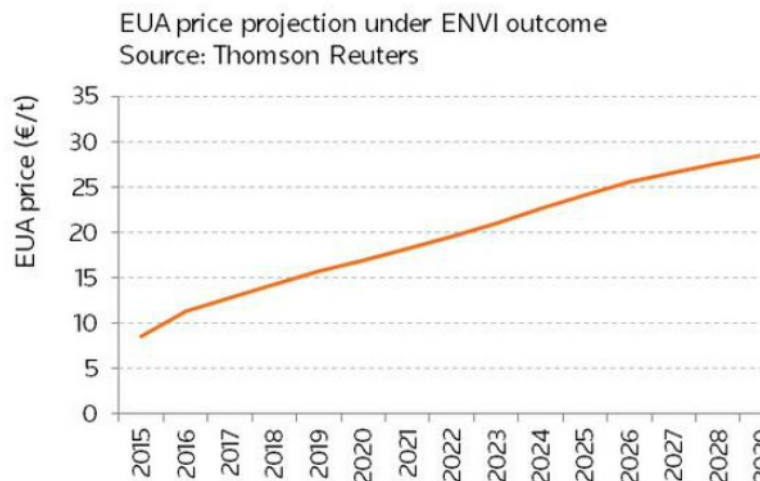
### La situation actuelle



En 2014, la production éolienne terrestre allemande a atteint 54 térawatt-heures (TWh) couvrant 9,4 % de la consommation électrique du pays. L'offshore a produit 1,3 TWh, couvrant 0,2 % de la consommation. La production électronucléaire allemande baisse depuis 2006. D'après les données [AGEB](#) (AG Energy Bilanzen e.V.) datées du 12 décembre 2014 elle a reculé de 70 TWh. Les énergéticiens allemands RWE, E-ON et EnBW ont déjà payé un lourd tribut économique et social avec la sortie du nucléaire, la production d'énergie nucléaire

représente 15,9 % de la consommation. Ils s'apprêtent une nouvelle fois à être pénalisés car le gouvernement prévoit d'imposer aux plus vieilles centrales à lignite, charbon particulièrement polluant mais très bon marché, « une contribution climatique » en fonction de leurs émissions de CO<sub>2</sub> : 22 millions sur les 320 millions de tonnes de CO<sub>2</sub> produites par le charbon doivent disparaître. Berlin ne tiendra pas son objectif d'une réduction de ses émissions de CO<sub>2</sub> de 40 % d'ici à 2020, par rapport à 1990.

Selon les estimations de Platts (fournisseur mondial d'informations sur l'énergie), le prix du carbone devait renouer avec les 17 euros par tonne à terme, si la position la plus ambitieuse était adoptée. Selon Thomson Reuters, la tonne de CO<sub>2</sub> devrait grimper à 20 euros par tonne en 2022. Les syndicats allemands l'IG BCE a mandaté la banque d'investissement Lazard pour faire estimer les conséquences de la réforme gouvernementale : la réponse est sans appel, sur 38 centrales à lignite, 85 à 95 % deviendraient déficitaires. Les syndicats parlent de « black out social de régions entières ».



Prévision des prix de la tonne de CO<sub>2</sub> en euro, selon Thomson Reuters

### L'Allemagne mise sur l'éolien en mer

Le gouvernement allemand souhaite développer fortement l'éolien offshore. Pour atteindre les objectifs de l'Energiewende (35 % d'électricité d'origine renouvelable en 2020, 55 % en 2035 puis 80 % en 2050, contre une part réelle de 25 % en 2014), les autorités souhaitent installer 6 500 MW d'éoliennes offshore d'ici 2020 et 50 GW d'ici 2050. L'avantage en mer est que les vents y sont plus forts et réguliers que sur terre et permettent de **produire jusqu'à 60 % d'énergie en plus** que pour des éoliennes terrestres en particulier grâce à la taille des turbines - source EDF- (une éolienne en mer est 2 à 3 fois plus puissante qu'une éolienne terrestre). L'Allemagne ne possède pour l'instant que trois parcs éoliens offshore, avec un total de 80 turbines. Mais, en prenant en compte les 12 parcs en construction, le nombre de turbines devraient rapidement atteindre 885. Areva installe aujourd'hui au large des côtes de Bremerhaven des éoliennes de 116 mètres de haut, qui peuvent à elles seules alimenter 5.000 ménages grâce à leur turbine de 5 MW sur la base d'un calcul lorsqu'elles fonctionnent à pleine puissance et... avec du vent. L'entreprise a développé un nouveau modèle de 8 MW, dont la taille devrait atteindre 180 mètres. La puissance installée offshore devrait passer de **914 MW fin décembre 2014 à 3275 MW fin 2015**.

L'éolien offshore coûte très cher : 60 à 90 euros le MW-heure produit par l'éolien terrestre et 120 à 150 MW-heure quand il est produit en mer auxquels il faut ajouter 30 euros de de coûts de connexion vers le rivage, selon Agora Energiewende, un des principaux think-tanks dans le domaine énergétique. Les éoliennes qui entrent en service avant 2019 sont subventionnées, le courant produit bénéficie d'un tarif garanti durant 20 ans. Les subventions pour l'éolien terrestre vont passer de 3,5 millions à 4,4 milliards d'euros en 2015 (de 54TW-heure à 67 TW-heure) et de 200 millions à 1,66 milliards d'euros pour l'offshore (de 1,3 TW-heure à 11 TW-heure). Le consommateur final paie la différence entre le prix de revient des installations et celui de vente de l'électricité sur le marché : **la facture des clients s'envole !**

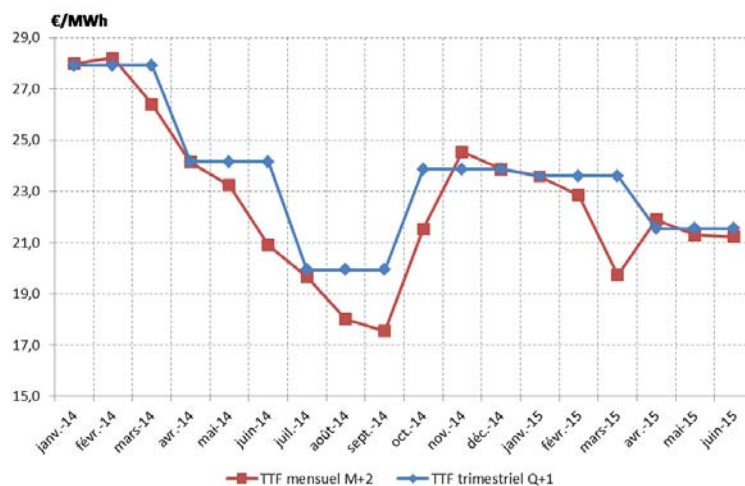
Et pour terminer ce tour d'horizon sur la transition énergétique allemande, rappelons que le cœur de l'industrie allemande est situé plus au Sud, notamment en Bavière. Pour acheminer le courant produit en mer du Nord, il faudrait construire 1.850 kilomètres de lignes à haute tension. Cela nécessite **la construction de 3 à 5 lignes nationales**, mais la Bavière, estimant que le gaz naturel fournit une solution locale et moins coûteuse, freine le projet.

### Les tarifs réglementés, en France, de vente de gaz au 1er juin

Au 1er juin 2015, les tarifs réglementés de gaz hors taxes d'ENGIE (GDF SUEZ) baissent en moyenne de 0,56 % par rapport au barème en vigueur depuis le 1er mai 2015. Cette baisse est de 0,2 % pour ceux qui utilisent le gaz uniquement pour la cuisson, de 0,3 % pour ceux qui en font un double usage, cuisson et eau chaude, et de 0,5% pour les foyers qui se chauffent au gaz.

Depuis le 1er janvier 2015, les tarifs ont diminué en moyenne de 5,8 %.

### Évolution des indices gaziers sur le marché de gros



Moyennes mensuelles des cotations journalières des contrats futurs au Pays-Bas utilisées dans le calcul des coûts d'approvisionnement pris en compte dans les tarifs réglementés de vente de gaz en distribution publique d'ENGIE

Source : la CRE. Installée le 24 mars 2000, la Commission de régulation de l'énergie (CRE) est une autorité administrative indépendante. Elle concourt, au bénéfice des consommateurs finals, au bon fonctionnement des marchés de l'électricité et du gaz naturel. Elle veille à l'absence de toute discrimination, subvention croisée ou entrave à la concurrence

## Électricité 2050

### 100 % renouvelable, vraiment ? Et pourquoi pas 100 % nucléaire ?

Jean-Luc Salanave

*Préambule :*

*Ce n'est pas la publication de cette étude « Vers un mix électrique 100 % renouvelable en 2050 » qui me surprend le plus. C'est le fait que l'ADEME n'ait pas publié en même temps l'autre cas d'école tout aussi légitime « Vers un mix électrique 100 % nucléaire ». Je n'ose penser que cette agence nationale, aux côtés de ses experts et compétences anti-nucléaires reconnus, ne possède pas aussi les indispensables compétences pro-nucléaires que le citoyen est en droit d'attendre de l'Agence Nationale d'un pays où le nucléaire, fleuron de notre économie, produit trois quarts de notre électricité de façon sûre et bon marché. Championne incontestée depuis plus de 40 ans en matière d'environnement et de maîtrise de l'énergie, notre électricité nucléaire devrait précisément être au cœur de la mission confiée par les contribuables à l'ADEME (Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie).*

*Encouragées par les nombreuses critiques et réactions qui fleurissent depuis la publication de l'étude ADEME précitée (étude qualifiée de partielle, aux hypothèses incomplètes, erronées ou peu réalistes comme celle de réduction de notre production en 2050, ou l'hypothèse d'importation de 8% de notre électricité alors que nous en exportons 15 %, étude sous-estimant les contraintes de l'intermittence tout comme les coûts et les pertes du stockage/déstockage que nécessite cette électricité aléatoire, étude publiée semble-t-il sans l'aval de la Ministre), les lignes qui suivent entendent proposer une autre vision: celle des citoyens, nombreux et discrets, pour qui écologie rime aussi avec nucléaire; ceux qui estiment que la peur du nucléaire est non seulement au-dessus de nos moyens mais aussi mauvaise conseillère pour guider les choix qui doivent définir le futur paysage énergétique durable, propre et équitable de nos successeurs.*

Le fait que, malgré Tchernobyl et Fukushima, le nucléaire se développe dans le monde n'est pas la seule raison pour légitimer ne serait-ce que l'étude de l'autre scénario électrique, diamétralement opposé aux « 100% d'EnR<sup>1</sup> en 2050 », mais tout autant légitime à ce stade des grands choix qui vont guider notre transition écolo-énergétique: à savoir le scénario « 100 % d'électricité nucléaire en 2050 ». Plus de soixante-dix nouveaux réacteurs en construction sur la planète, c'est bien un signe à prendre en considération ! Même si un seul est en construction en France, championne du nucléaire, et aucun en Allemagne, championne elle de la peur du nucléaire. Pour justifier qu'à côté du cas d'école « 100 % renouvelable » l'autre cas d'école « 100 % nucléaire » devra lui aussi avoir toute sa place, les raisons ne manquent pas.

*En voici quelques-unes, développées dans ce dossier :*

- *l'électricité nucléaire est aujourd'hui la moins chère (A), et elle le sera encore en 2050 car elle n'est pas intermittente, ne nécessite pas de stocker l'électricité et assure naturellement les complexes et coûteux « services système » de régulation des tension et fréquence du réseau électrique national et européen (B) ;*

---

<sup>1</sup> EnR : Energies Renouvelables

- elle apporte une meilleure indépendance énergétique (C) ; les conséquences qu'il y aurait à mettre tous « nos œufs dans le même panier » énergétique sont examinées (D) ; tout comme les conséquences de chacun des 2 scénarios sur la compétitivité de l'entreprise France (E) ;
- et puis l'ADEME oublie qu'en 2050 le « nucléaire renouvelable » aura fait son apparition (F) ;
- enfin, on ne peut parler du cas d'école « 100 % nucléaire » sans, d'une part, évoquer la crainte du nucléaire activée par les grands accidents, crainte qui contraste avec l'acceptation grandissante de cette énergie par la jeune génération et les « éco-modernes » (G), et sans, d'autre part, s'interroger sur le rôle des lobbies pro et anti nucléaires (H).

### A. Aujourd'hui l'électricité nucléaire est la moins chère du monde

En tout cas en France en 2015 c'est un fait<sup>2</sup> (au même niveau que l'hydraulique). Autour de 42 €/MWh<sup>3</sup> si on en croit le tarif ARENH<sup>4</sup> de revente par EDF à ses concurrents ; entre 33 et 59,8 €/MWh selon la Cour des Comptes. Pour s'en convaincre il suffit soit de comparer notre facture électrique avec celle, deux fois plus élevée, de nos amis Allemands, soit de relire les rapports de la Cours des Compte de 2012 et 2014 (nucléaire) et 2013 (EnR). Ces mêmes rapports situent l'éolien terrestre entre 62 et 102 €/MWh et le photovoltaïque entre 114 et 547 €/MWh (oubliant d'ailleurs de rappeler que le consommateur moyen va continuer de payer au prix inouï de 630 €/MWh, jusqu'en 2029, l'électricité produite par les premiers capteurs solaires installés par des particuliers en 2009<sup>5</sup>). Quant au doute entretenu un temps par quelques antinucléaires sur les prétendus « coûts cachés » du nucléaire, la Cours des Comptes les a dissipés en apportant la preuve que ce coût imbattable du MWh nucléaire intègre bien tous les coûts passés (notamment ceux de la recherche électronucléaire publique depuis 1957) et tous les coûts futurs de démantèlement et de gestion des déchets dont la moitié (plus de 40 milliards d'euros) a déjà été payé par les consommateurs et provisionnée par les industriels. Aujourd'hui ce doute se déplace vers les EnR : quand viendra l'heure des comptes, l'éolien et le photovoltaïque intégreront ils eux aussi toutes leurs subventions et coûts passés et futurs avec la même rigueur financière que celle (légitime) imposée au nucléaire ?

### B. En 2050 l'électricité nucléaire sera probablement toujours la moins chère

Le rapport ADEME ne le nie pas quand il tente de démontrer que le scénario « 100 % renouvelable » pourrait ne pas être beaucoup plus cher que le nucléaire. En revanche ce rapport sous-estime largement plusieurs avantages du nucléaire, qui ne nécessite pas de stocker l'électricité (B.1), qui fournit naturellement les indispensables « services système » de maintien de la tension et de la fréquence du réseau national (B.2), sans oublier que son

<sup>2</sup> Lire : « Coûts de l'électricité. Quels sont-ils ? Comment les comparer entre eux ? », Nucléaire et Energie n°65, Mars 2015

<sup>3</sup> MWh : mégawattheure, ou million de wattheures, ou millier de kilowattheures

<sup>4</sup> ARENH : tarif d'Accès Régulé à l'Energie Nucléaire Historique imposé à EDF pour la vente du quart de sa production nucléaire nationale à ses concurrents (NDR : c'est pour moi une vraie spoliation des intérêts du consommateur !)

<sup>5</sup> A travers la CSPE de nos factures (Contribution au Service Public de l'Electricité)

coût en capital ramené aux MWh produits sur 60 ans est bien inférieur à ceux du solaire ou de l'éolien (B.3).

### **B.1. L'électricité nucléaire n'a pas besoin d'être stocké**

Que révèle le rapport de l'ADEME « 100% renouvelable » ? Que le solaire photovoltaïque et l'éolien pourraient devenir compétitifs à l'horizon 2050 et rivaliser avec les MWh nucléaires. Tant mieux. Mais le rapport admet que produire un MWh compétitif ne suffit pas, loin s'en faut ! Nous consommateurs nous fichons bien de MWh compétitifs produits aléatoirement; il nous les faut à nos prises de courant quand nous en avons besoin. Déjà aujourd'hui, sur les marchés de gros européens, des MWh éoliens et solaires allemands gratuits (les prix tombent en effet à zéro plusieurs fois par an désormais en périodes de grand vent ou de grand soleil) ne trouvent pas acquéreurs, car décalés par rapport à la demande. La solution proposée par le rapport : stocker l'électricité renouvelable ! Et là, quelques soient les progrès à venir (que nous appelons de nos vœux) les coûts vont s'envoler. Comment stocker l'électricité ?

Soit dans des batteries : on les prédit chères et polluantes (le plomb par exemple est parfois plus polluant que l'uranium car il ne bénéficie pas toujours de la gestion propre, transparente et contrôlée des déchets nucléaires; et des batteries au plomb ou du cadmium se retrouvent trop souvent encore dans nos décharges municipales).

On peut aussi stocker des MWh en pompant de l'eau vers des barrages; l'excellent rendement pompage/turbinage en fait à mes yeux un des meilleurs moyens de stockage d'électricité, déjà largement utilisé; mais où construire des barrages supplémentaires en France (pas à Sivens !) ? Il suffit de constater les énormes difficultés rencontrées ces dernières années sur les très rares sites encore disponibles, comme par exemple celui de la seconde retenue (STEP<sup>6</sup>) du barrage d'Emosson à la frontière franco-suisse, face au Mont Blanc, qui a tant divisé la communauté montagnarde locale.

On peut enfin, lit-on, stocker les MWh fatals sous forme de gaz combustible (en produisant par exemple de l'hydrogène par électrolyse, et/ou du méthane). Avantage selon le rapport ADEME : ce « power to gas / gas to power » permet de faire du stockage inter saisonnier d'électricité. Inconvénients : les rendements de la double conversion sont mauvais (rendements chimiques, électrolytiques, dits de Faraday, et ceux des piles à combustible ou de la méthanisation, le cas échéant) et les coûts complets très élevés.

En 2050, « renouvelables » devra donc rimer avec « stockages coûteux et indispensables » (ça rime !), tandis que « nucléaire » continuera à rimer avec « l'électricité produite quand on s'en sert » !

### **B.2. Équilibre du réseau électrique : le scénario ADEME « 100 % renouvelable » méconnaît totalement le rôle du nucléaire sur les « services système ».**

Il est vrai qu'avant que je ne devienne, dans une vie professionnelle antérieure, un acteur du réseau électrique européen il m'est arrivé aussi de sous-estimer ce que les gestionnaires de réseaux de transport d'électricité de chaque pays (le RTE<sup>7</sup> en France) appellent les « services système ».

<sup>6</sup> STEP : station de pompage d'énergie par pompage

<sup>7</sup> RTE : gestionnaire du Réseau de Transport d'Electricité

Pour mieux comprendre, projetons-nous un beau soir de janvier 2050 : beau temps anticyclonique, froid et sec, sans vent. En rentrant du travail, chacun allume ses lumières et pousse un peu son chauffage (en 2050 il y a longtemps que nous aurons dû nous habituer à 18 °C dans nos logements, mais en rentrant ce soir-là il ne fait que 17 °C, c'est un peu frais). Le RTE, dont c'est la mission d'assurer à chaque instant l'équilibre offre/demande sur le réseau électrique, est en alerte rouge et met en jeu toute sa panoplie de moyens pour maintenir les « services système » censés éviter le blackout par écroulement de la tension électrique et de la fréquence à 50 hertz. Rappelons que le scénario ADEME 2050 « 100 % renouvelable » propose 63 % d'éolien, 17 % de solaire, 13 % d'hydraulique et 7 % de thermique renouvelable. Les moyens à la disposition de RTE sont : des réserves électriques (de 1<sup>ère</sup>, 2<sup>nde</sup>, voire de 3<sup>ème</sup> urgence), des contrats « d'ajustement » (passés avec des producteurs et des consommateurs d'électricité pour injecter ou soutirer de l'électricité à la seule demande de RTE). Ces contrats sont grassement payés mais c'est normal car pendant les créneaux horaires contractés ces moyens de secours et d'ajustement attendent, sans produire ni vendre, à la seule disposition du gestionnaire du réseau national. Ce soir de janvier 2050 sera « chaud », surtout si les trois quarts des 63 % d'éoliennes sont au repos (pas de vent), les 17 % de solaire sont dans le noir, l'hydraulique turbine à plein (à condition qu'il ait plu les semaines précédentes), importer d'Allemagne est hors de question (il y fait nuit aussi et ils ont le même problème à résoudre). Bref, les réserves de production électriques « pilotables à la demande » et nécessaires pour faire face aux besoins de cette soirée de janvier 2050 devraient être colossales; or, elles sont sous estimées, pour ne pas dire oubliées, dans le scénario ADEME.

Dans un scénario 2050 « 100 % nucléaire » la question ne se poserait même pas et la plupart des couteuses capacités supplémentaires dormantes seraient inutiles. Aujourd'hui, les « services systèmes » ainsi que le transport et la distribution de notre électricité à la bonne tension et à la bonne fréquence représentent déjà 24 % de nos factures électriques ; 24 % malgré (ou plutôt grâce à) nos 58 réacteurs nucléaires parfaitement adaptés à fournir cette stabilité du réseau et de l'équilibre offre/demande (il y a belle lurette que les réacteurs nucléaires ne fournissent pas que de l'électricité de « base » mais font du « suivi de charge »). Je n'ose imaginer ce que seraient en 2050 le coût de ces « services système » sur nos factures et la fiabilité de l'équilibre du réseau en cas de trop fort taux d'électricité intermittente !

### **B.3. Même à 10 milliards l'EPR de Flamanville : j'achète !**

Que nous apprennent les déboires de l'EPR 1<sup>er</sup> de série de Flamanville qui, au lieu de 4 milliards d'euros, s'achemine vers un coût de construction qui approche 10 milliards d'euros ? Même si ce n'est pas le premier prototype dont le coût dérape, certains dans leur élan écolo le qualifient déjà de « fiasco financier » ! Mais c'est bien méconnaître les chiffres. Combien de dizaines de milliards d'euros faudrait-il pour produire autant d'énergie<sup>8</sup> électrique photovoltaïque ou éolienne qu'un seul EPR ? En 60 ans l'EPR de 1650MW à 10 milliards d'euros va produire 740 millions de MWh, soit 14 €/MWh (ou encore 1,4 centimes/kWh), soit deux à trois fois moins de capital initial que celui nécessaire pour produire les MWh photovoltaïques des rêves les plus fous du rapport ADEME « 100 % renouvelable ». Même en ajoutant les futurs coûts de démantèlement de l'EPR (1 milliard

<sup>8</sup> Je parle bien d'énergie (c'est ce qui compte, les MWh), pas de puissance installée (inutile, elle, sans vent ni soleil)

d'€?), les coûts d'exploitation et de maintenance (inférieurs à 30 % du coût électrique complet) et les coûts du combustible, de son retraitement et de la gestion de ses déchets (inférieurs à 20 % du coût électrique complet), le MWh nucléaire restera imbattable. Sans parler du fait que l'EPR produira aussi la nuit, les jours nuageux et les jours sans vent, sans besoin de stockage, et pendant au moins 60 ans, soit trois fois plus longtemps que ses concurrents éoliens ou photovoltaïques.

### C. Indépendance énergétique

Celle apportée par le photovoltaïque reste à construire (C.1) ; celle apportée par le nucléaire est aujourd'hui acquise mais pourrait nous échapper en 2050 si nous ne mettons pas un terme au sabotage de notre n°1 mondial AREVA (C.2).

#### C.1. Dépendance photovoltaïque.

Nous avons rêvé lors du Grenelle de l'environnement que l'énorme effort demandé au consommateur français pour financer le solaire photovoltaïque (et l'éolien) allait créer de l'emploi et réindustrialiser notre pays. Il n'en a rien été. Nos quelques rares champions industriels du solaire photovoltaïque (je parle de ceux qui fabriquent, pas de ceux qui spéculent) ont même dû déposer le bilan<sup>9</sup>. Les milliards d'euros dépensés par le consommateur depuis 2009 pour financer la CSPE (et les dizaines de milliards à venir, du fait des obligations d'achat sur 20 ans) auront finalement servi à développer l'industrie photovoltaïque asiatique qui fournit 90 % des capteurs solaires que nous installons. Tant qu'à faire, à payer aussi cher nous aurions aimé que ça profite au moins à créer de l'emploi dans notre pays.

Comment faire en 2050 pour ne pas prolonger cette erreur et pour que notre pays acquière enfin une certaine autonomie énergétique dans le solaire et l'éolien: le scénario ADEME ne le dit pas. Mais il y a autre chose que le rapport ne dit pas. Le procédé actuel de fabrication des cellules solaires au silicium est très énergivore ; au point qu'une fois le capteur installé sur un toit, il lui faut environ 7 ans de production d'énergie électrique finale pour simplement compenser l'énergie primaire charbon qui a servi à le fabriquer ! C'est le fameux paradoxe du « temps de retour énergétique » du photovoltaïque. Il semble même que pour les premiers capteurs installés avant 2009 ce temps de retour ait pu atteindre 20 ans, soit la durée de vie du capteur ! Au-delà de la dépendance aux fournisseurs étrangers c'est cette scandaleuse dépendance à l'énergie de fabrication (pour l'instant carbonée et responsable de cette empreinte CO2 du photovoltaïque supérieure à celles de l'éolien et du nucléaire) que l'ADEME devrait étudier, pour orienter les progrès à accomplir pour les futurs capteurs et redonner ne serait-ce qu'un peu de crédibilité et une place au solaire dans notre paysage énergétique de 2050.

#### C.2. Indépendance nucléaire.

Grâce à notre production d'électricité d'origine nucléaire, notre taux d'indépendance énergétique est passé de 22 % en 1973 à environ 51 % aujourd'hui. Et le nucléaire pourrait nous positionner mieux encore si on l'utilisait demain pour s'attaquer à la dépendance énergétique de nos transports routiers et de notre chauffage au gaz ! Mais si nous n'y

<sup>9</sup> Photowatt, Evasol. EDF énergie a même été prié de les racheter afin de masquer ce gâchis.

prenions pas garde et laissons se détricoter notre position de leader mondial, le nucléaire lui-même pourrait présenter un risque de dépendance énergétique. 70 nouveaux réacteurs sont aujourd'hui en construction dans le monde, un seul en France et 4 seulement par la France, soi-disant championne du nucléaire ! Nos techniciens et ingénieurs qui les construisent ont d'ailleurs bien du mérite de le faire sans aucun soutien ni éloge qu'on serait en droit d'attendre de la presse et des medias pour ces quelques véritables industriels qu'il nous reste (et encore, quand ces industriels du nucléaire n'ont pas à subir les railleries écolo-politiquement correctes, mais bien peu patriotes, quand ils se font souffler par la Corée le contrat de vente de réacteurs aux Émirats Arabes Unis !).

Ne risque-t-on pas demain de devoir acheter nos réacteurs aux nouveaux leaders mondiaux : les russes (Rosatom se taille la part du lion dans les nouveaux projets), les chinois (la Chine est le pays qui démarre un nouveau réacteur tous les trimestres et s'apprête à exporter un réacteur 100 % chinois), les coréens (qui exportent eux aussi leur technologie), demain les indiens, sans oublier les américains toujours 1ers constructeurs du parc mondial de réacteurs.

Il y aurait beaucoup à dire sur l'indépendance énergétique que confère le nucléaire à notre pays ; il faut notamment rappeler qu'importer de l'uranium du Niger ne constitue pas un risque mais une opportunité, pour ce pays et pour nous ; nous en importons aussi du Canada, du Kazakhstan, d'Australie ; où est le risque quand on sait qu'à la différence du pétrole et du gaz, l'uranium est présent partout sur la planète et que son marché est fluide, fiable et abondant ? N'a-t-on pas exploité pas moins de 170 mines d'uranium en France avant de trouver moins cher ailleurs pour le plus grand intérêt du consommateur. Et puis n'oublions pas que si le gaz représente 80% du coût du MWh électrique produit pas une centrale au gaz, l'uranium lui ne représente que 10% du coût du MWh nucléaire. Que son prix soit multiplié ou divisé par deux ne change pas grand-chose à la compétitivité inégalée de cette électricité.

Non, mes craintes pour 2050 résident ailleurs; notamment dans le fait que je n'ai pas la même conception qu'EDF de notre indépendance énergétique. Pour EDF, l'indépendance a consisté à réduire au fil des années son approvisionnement national en combustible nucléaire : achetant plus de 60 % du chiffre d'affaire d'AREVA il y a 20 ans, EDF n'en achèterait plus que 30 % aujourd'hui. Bien plus que l'EPR et Fukushima, c'est ce désengagement d'EDF, ajouté aux marges insuffisantes laissées par ce géant à son fournisseur national, qui explique les difficultés que traverse AREVA. Bien sûr que les russes peuvent faire un prix inférieur de 10 % à bien des offres AREVA, à partir de leur formidable outil nucléo-militaro-industriel, alors qu'AREVA doit dégager des marges dans le contexte d'une économie de marché 100 % civile depuis maintenant 40 ans ! Cet empressement d'EDF à sacrifier son indépendance énergétique nationale à la diversification de ses fournisseurs présente selon moi le risque de faire précisément tomber notre pays dans la dépendance technologique et commerciale des pays nucléaires émergents, au risque de tuer notre champion AREVA (et tout son tissu industriel de haute technologie, avec les dizaines de milliers d'employés qui y créent de la valeur). L'état, actionnaire d'EDF, est parfois bien loin de son patriotique mot d'ordre « achetons français », d'autant plus qu'en matière de nucléaire les produits français existent, ce n'est pas comme dans le textile, la chaussure, l'électronique ou le photovoltaïque !

#### D. Tous nos « œufs (MWh) dans le même panier » : vrai ou faux problème ?

Si on admet que, bien plus que les EnR, le nucléaire peut apporter toute l'indépendance énergétique dont nous pouvons rêver pour notre pays (grâce à nos compétences uniques et mondialement reconnues dans tous les segments de la recherche et de l'industrie nucléaire), se pose néanmoins la légitime question suivante: que pourrait impliquer un scénario où 100 % de notre électricité proviendrait du « même panier » nucléaire ? Le risque qu'il y a à mettre tous ses œufs dans le même panier est bien connu : en cas de chute tous les œufs sont cassés.

Concernant les 58 réacteurs de notre pays la question s'est effectivement posée il y a 30-40 ans et a été au cœur de nombreuses études de sûreté comme des réflexions sur notre indépendance énergétique. Aujourd'hui il faut bien reconnaître qu'il y a belle lurette que les craintes de nos concitoyens ont été dissipées. 75 % de notre électricité étant nucléaire et nos 58 réacteurs étant quasiment identiques, le principal risque provenait du « défaut générique » qui pouvait affecter tout le parc à la fois, comme une épidémie de grippe. C'est pourquoi les « maladies de jeunesse » de nos réacteurs ont fait l'objet de toutes les attentions et de tous les « traitements » et améliorations techniques, au point que même les réacteurs non malades ont subi eux aussi tous les traitements aussi bien curatifs que préventifs ... au cas où.

Oui, mais au pays du tout nucléaire imaginons le gros accident, par exemple un séisme touchant notre plus vieille centrale de Fessenheim. Bon, c'est vrai qu'aucun séisme n'a encore endommagé un réacteur nucléaire sur la planète, pas même au Japon, ni à Kobé ni à Fukushima, où les réacteurs nucléaires ont été les seules constructions humaines qui ont résisté et dont les automatismes d'arrêt ont fonctionné. Certes, à Fukushima, le séisme a provoqué l'énorme tsunami qui a, indirectement, causé l'accident nucléaire que l'on connaît. Supposons tout de même (ce n'est qu'un exemple) un tsunami à Fessenheim (puisque un canal tout proche existe ; à supposer aussi que le petit mètre d'eau provoqué par une rupture majeure ne déjoue toutes les barrières de sûreté spécialement renforcées de Fessenheim). Faudrait-il pour autant arrêter tout notre parc de réacteurs ? A la différence du Japon où tous les réacteurs nucléaires sont dans un « même panier », le Japon lui-même, archipel tout entier sujet à un risque majeur de séismes et de tsunamis, le cas de la France est différent (le Japon tout entier ne s'est-il pas déplacé de 2,40 mètres lors du séisme de Sendai/Fukushima qui a fait 18000 morts en 2011?). Nos 58 réacteurs ne sont pas dans un mais dans 19 paniers, les 19 sites nucléaires dont les spécificités sismiques, hydrologiques et climatiques sont différentes.

L'ADEME aura de toute façon du mal à convaincre que les 67 % d'éolien intermittent de son scénario « 100 % renouvelable » seraient plus fiables que « 100 % de nucléaire » ; et ceci même en comparant les deux scénarios catastrophes : respectivement « aucun vent sur l'hexagone » et « tsunami sur Fessenheim ».

Je fais partie de ceux qui ne trouvent pas les éoliennes si vilaines dans le paysage, mais à comparer aux 17000 km<sup>2</sup> d'éoliennes et 500 km<sup>2</sup> de capteurs solaires du scénario ADEME, j'ai une préférence pour nos 19 centrales nucléaires.

## E. Compétitivité de l'entreprise France

Dans son avis, adopté à l'unanimité le 6 janvier 2015, sur le projet de loi sur la transition énergétique, l'Académie des sciences a indiqué qu'il faudrait tenir compte notamment de la compétitivité des entreprises et de la lutte contre la précarité énergétique. A ce titre, l'Académie met en garde que le développement des énergies renouvelables intermittentes éolienne et photovoltaïque devrait donc se faire à un rythme prudent.

Pour ce qui concerne l'énergie nucléaire, l'Académie note que le passage à 50 % de la production électrique à l'échéance 2025 n'est pas compatible avec les objectifs affichés de la loi de réduction des émissions de CO<sub>2</sub>, ni ne tient compte des facteurs techniques et économiques liés à cette réduction.

L'Académie suggère en revanche que l'évolution impulsée par la loi devrait non seulement éviter de grever la compétitivité des entreprises françaises, mais en profiter pour améliorer leur position et celle du pays. Elle rappelle que la France est, parmi les pays développés, l'un des plus faibles émetteurs de gaz à effet de serre par habitant, l'un des plus avancés dans la production d'électricité dé-carbonée, et celui où l'électricité est la moins chère grâce au succès technique, économique et environnemental de son programme électronucléaire.

A un moment de notre histoire où nous devons faire face non seulement à la crise mondiale, à notre dette abyssale et au chômage, mais aussi à la crise de notre modèle français, modèle où ce sont précisément les forces vives de la nation et ses entrepreneurs qui financent la solidarité nationale, dans quel état serait notre économie si nos entreprises devaient payer leur électricité au prix allemand, c'est-à-dire non pas 10 % ou 20 % plus cher mais le double ! Ce n'est pas la Grèce qui ferait la une des actualités européennes mais la France ! Pourquoi courir après des mirages énergétiques quand notre miracle électronucléaire existe et n'est pas, lui, à inventer ? Pourquoi vouloir changer ce qui fonctionne depuis 40 ans et ne présente que des avantages environnementaux (j'y viens plus bas) et économiques ?

La compétitivité de l'entreprise France ne devrait-elle pas se reconstruire précisément sur ses atouts pour améliorer ses faiblesses ? Certes nous sommes bons élèves parmi les pollueurs en CO<sub>2</sub> de la planète, grâce à notre programme nucléaire qui a permis de dé-carboner notre électricité. Mais il n'y a pas que l'électricité à dé-carboner; il faut aller plus loin et, comme le signifie l'encyclique « Laudato si' » du pape, les pays nantis comme le nôtre doivent en faire plus que les pays en développement, envers qui nous avons une dette écologique. Que dire de nos voitures et de nos transports routiers qui demeurent notre principale source d'émission de CO<sub>2</sub> ? Pourquoi ne pas envisager un grand programme national pour passer à la voiture propre, électrique ou à hydrogène ? Quel pays est mieux placé que le nôtre pour, dès aujourd'hui et sans attendre 2050, commencer à remplacer notre essence par de l'électricité qui, grâce à nos centrales nucléaires et hydrauliques, est dé-carbonée à plus de 90 % ? Certainement pas l'Allemagne dont le bilan CO<sub>2</sub> de la voiture électrique ne vaut pas mieux que celui de sa voiture à essence à cause de l'origine carbonée de son électricité, disqualifiée par le lignite et le charbon qui la produisent !

Quelques chiffres pour illustrer ce projet ambitieux et porteur d'emplois : si on remplaçait tous les véhicules thermiques d'Ile de France, qui parcourent au total 100 millions de km par jour, par des véhicules électriques (consommant 10 à 20 kWh aux 100 km, soit

6 TWh/an), un seul des deux réacteurs de Fessenheim qu'on s'apprêtait à fermer pour simple promesse électorale suffirait pour alimenter tous ces véhicules à longueur d'années ! Plus aucun gaz d'échappement dans toute la région parisienne ! Ce serait une belle contribution à la transition énergétique pour la doyenne de nos centrales nucléaires, et un symbole de l'ampleur du gâchis écologique que représenterait son arrêt !

**F. Dans son scénario « 100 % renouvelable en 2050 », l'ADEME a oublié une énergie : le nucléaire renouvelable !**

En 2050, si la génération III de réacteurs nucléaires du type EPR ou ATMEA sera dans la pleine force de l'âge et bien loin de la retraite, une nouvelle génération devrait avoir fait son apparition dans le paysage mondial et français : les réacteurs nucléaires de génération IV, celle des neutrons rapides et de la surgénération. Surgénération signifie que ces réacteurs produiront autant voire plus de matière fissile (le combustible nucléaire) qu'ils n'en consommeront ! Comment ? A partir des actinides fertiles non utilisés aujourd'hui (comme l'uranium 238, plus de 10 fois plus abondant sur Terre que son cousin fissile l'uranium 235, combustible de nos réacteurs actuels). Cette nouvelle ère approche à grand pas (en France: horizon 2020 pour le projet ASTRID). Avec ces nouveaux réacteurs la ressource en combustible deviendra quasi illimitée pour plusieurs millénaires, et les stocks fertiles d'uranium appauvri et d'uranium de retraitement entreposés en France (et n'allez pas dire que ce sont des déchets !) nous rendent déjà autosuffisants pour des siècles. Fini le souci de dépendance énergétique.

Peut-être que l'ADEME, à sa décharge, a oublié le nucléaire de génération IV dans son bouquet énergétique renouvelable de 2050 croyant qu'il s'agit d'une énergie à inventer ! Ce n'est pas le cas. D'ailleurs la génération IV pourrait s'appeler la génération zéro, car les réacteurs à neutrons rapides ont été conçus dès le début de l'histoire du nucléaire (EBR1, l'Experimental Breeder Reactor One, a été le 1<sup>er</sup> à produire de l'électricité nucléaire, dans les années 1950 aux USA). Ils ont simplement cédé la place aux réacteurs à neutrons lents que nous connaissons car ces derniers présentaient un léger avantage économique. Mais en 2050, si les prix de l'électricité solaire et éolienne enchéris par ses moyens de stockage atteignent les niveaux qui figurent dans l'étude de l'ADEME (au moins 3 à 5 fois plus élevés que le prix de notre MWh nucléaire actuel cité au § A) le nucléaire de génération IV sera largement compétitif.

**G. La peur du nucléaire aurait-elle guidé le choix de l'ADEME de financer l'étude du scénario « 100% d'électricité renouvelable en 2050 » ?**

Après les trois grands accidents nucléaires de Three Mile Island (1979), Tchernobyl (1986) et Fukushima (2011), que reste-t-il de la peur du nucléaire ? La mienne en tout cas s'est profondément rationalisée, au contact de la réalité rassurante des conséquences de ces accidents. Avec le recul, les autorités sanitaires internationales constatent que les effets sanitaires ont été et resteront limités et en tout cas minimes comparés aux scénarios irraisonnés de nos imaginations pessimistes, notamment sur de possibles effets sanitaires long terme (G.1). Par ailleurs, ces trois accidents ont permis des retours d'expérience et des tests de résistance qui confortent le fait que la sûreté nucléaire n'a jamais été aussi robuste et que cette industrie est une des plus respectueuses de nos santés et de

l'environnement (G.2). Enfin, cette peur du nucléaire, pour ceux qui en souffrent, semble se focaliser injustement sur le nucléaire civil qui, malgré ses accidents, n'est pourtant responsable que de moins de 1% des expositions à la radioactivité du citoyen moyen (G.3).

### G.1 Trois accidents nucléaires aux conséquences graves mais limitées

Que signifie « conséquences limitées » ? Il faut bien sûr parler des conséquences réelles, pas celles imaginaires qui peuvent trotter encore dans nos esprits fertiles en émotions fortes. Oui, deux de ces trois accidents ont eu des conséquences significatives et graves localement, à Tchernobyl notamment, mais pas les conséquences sanitaires planétaires redoutées.

Selon les bilans des organisations internationales de santé<sup>10</sup>, le constat 25 ans après l'accident de Tchernobyl est le suivant : 49 morts des suites d'irradiations aiguës, essentiellement parmi les opérateurs de la centrale, décédés dans les premiers mois et années qui ont suivi ; parmi les 530 000 liquidateurs les études rapportent un accroissement des taux de cancers, leucémies, cataractes, maladies cardio et cérébro vasculaires, avec toutefois des écarts peu importants par rapport aux taux de mortalité des populations non-exposées ; voire même, pour une partie d'entre eux, une mortalité inférieure à la normale du fait du phénomène de défense appelé hormèse par les médecins ; parmi les 6,4 millions d'habitants des zones contaminées, on rapporte 6848 cas de cancers de la thyroïde ayant touché des enfants âgés de moins de 18 ans en 1986 ; ce sont eux qui ont le plus marqué ceux d'entre nous qui se sont émus du sort des ukrainiens, certains au point d'accueillir (comme vous l'avez peut-être fait) des enfants malades pour les soigner quelques semaines dans nos familles françaises. 29 ans après ces enfants âgés aujourd'hui de plus de 40 ans sont guéris ou tirés d'affaire (une quinzaine d'entre eux sont décédés depuis de causes diverses, selon l'OMS).

Fukushima n'a fait (et ne fera probablement) aucune victime due aux irradiations, selon les mêmes agences internationales de santé. Rien à voir avec les alarmistes prévisions de milliers de « morts statistiques » déduites d'une loi linéaire sans seuil désormais démontrée comme totalement infondée dans le domaine des faibles doses, mais malheureusement toujours utilisée (pour combien de temps encore ?), selon le « principe de précaution », pour définir les seuils réglementaires d'exposition du public (1 milli Sievert/an) et des travailleurs du nucléaire (20 mSv/an), au risque de laisser croire au public que ces doses infimes pourraient présenter un quelconque risque ! Pour la première fois depuis l'accident, la quasi-totalité (360 000 tonnes) de la récolte de riz 2014 de la région de Fukushima a passé avec succès les tests de radioactivité, le seuil ayant été volontairement abaissé en deçà de 100 Bq/kg par le gouvernement japonais (alors que la limite européenne est de 500 Bq/kg !). Par ailleurs, bien que l'accident de Fukushima ait constitué la plus grosse pollution radioactive océanique depuis les essais militaires de 1950-1970, le pic de radioactivité qui vient d'atteindre les côtes américaines en Mai 2015, mesuré à 5 Becquerels/m<sup>3</sup> d'eau en Cs137, est totalement négligeable comparé aux 12 000 Becquerels/m<sup>3</sup> de radioactivité naturelle de l'océan<sup>11</sup>.

Three Mile Island, le 1<sup>er</sup> accident grave avec fusion de cœur de l'histoire du nucléaire civil (1979), est sans doute la catastrophe la plus à même de rassurer, si j'ose employer ce

<sup>10</sup> Sources : Organisation Mondiale de la Santé, Nations Unies (UNSCEAR), IRSN

<sup>11</sup> Source : Académie des Sciences Américaine

terme, l'observateur français. Cet accident préfigurait en effet ce que pourrait-être un accident grave sur notre parc national: même type de réacteur pressurisé et même confinement renforcé que ceux d'EDF. Cet accident de 1979 n'avait pas provoqué de rejets radioactifs vers les populations et l'environnement. A noter que le réacteur RBMK de Tchernobyl ne possédait aucune barrière de confinement digne de ce nom, et ceux de Fukushima étaient des réacteurs à eau bouillante à simple boucle (contre boucles primaire et secondaire pour les réacteurs EDF) et non équipés de recombineurs d'hydrogène (qui équipent tous les réacteurs français depuis longtemps et auraient évité les explosions de Fukushima).

Certes, aucun des faits ci-dessus ne suffit à excuser ni à justifier ne serait-ce qu'un seul de ces graves accidents nucléaires. Ils n'ont de valeur informative que comparés aux conséquences d'autres risques : naturels ou ceux inhérents aux autres activités humaines.

## **G.2 La France championne depuis 40 ans d'un nucléaire sûr, durable et respectueux de nos santés et de l'environnement**

Pour celui qui accepte de se poser objectivement la question des avantages et inconvénients de notre programme électronucléaire, en faisant honnêtement la part des choses entre les croyances anxigènes et les réalités rassurantes, force est de constater après plus de 40 ans que c'est une réussite industrielle, environnementale, économique et sociétale.

Nous bénéficions tous de cette énergie abondante, disponible et bon marché. Or, à l'inverse, rares sont ceux qui ont eu à en subir des conséquences négatives. Y compris sur le sujet des déchets nucléaires qui cristallise encore quelques passions, force est de constater qu'ils n'ont jamais provoqué d'accident de transport ni de stockage, ni de conséquences sanitaires. La question des craintes suscitées par les déchets nucléaires ne relève pour moi que de ce que j'appelle le syndrome des fantômes Ecossais : beaucoup les craignent, peu les ont rencontrés. Toutes les catégories de déchets nucléaires disposent désormais de solutions de traitement adaptées, mises en œuvre et éprouvées de longue date pour leur quasi-totalité, CIGEO devant apporter la prochaine touche d'excellence à notre dispositif national. Au contraire, n'en fait-on pas « de trop » en faveur des déchets nucléaires, comme c'est le cas pour les déchets TFA (très faible activité) que l'autorité de sûreté française (à la différence des autres pays européens qui appliquent un seuil d'exemption) s'obstine à traiter comme s'ils présentaient un risque quelconque, à grands coûts inutiles pour le contribuable.

D'ailleurs, puisque nous examinons ici l'horizon 2050, je poserais volontiers au lecteur une question dont je n'ai pas la réponse : jusqu'où faut-il aller dans les dépenses de sûreté nucléaire ? Pour les anti-nucléaires, dépenser sans compter, sans limite, est certes un bon moyen d'étouffer la technologie. Mais pour nous autres ?

Le « principe de précaution » consiste à prendre des mesures pour se prémunir face à un risque potentiel le temps que les faits et la science fassent la preuve de son innocuité. Or les 40 ans passés de notre programme électronucléaire ont largement apporté cette preuve : nos MMh nucléaires nous ont satisfaits, y compris sur le plan de la sûreté. Vu du contribuable et consommateur moyen, à quoi sert-il de continuer à durcir la réglementation, à abaisser des normes de rejets déjà bien inférieures aux effets de la radioactivité naturelle, à refuser un seuil d'exemption ou à développer un réacteur EPR deux fois plus cher pour

résister à tout et devenir la « Rolls » des réacteurs que seule l'Angleterre (pays de Rolls Royce !) veut encore acheter ? Ne pourrait-on pas, à l'horizon 2050, reconduire ce qui a marché, un parc de réacteurs de génération II produisant un MWh au prix imbattable de 33 € avec le niveau d'excellence de sûreté des années passées ?

### **G.3 Reporter sa crainte de la radioactivité sur le nucléaire civil c'est se tromper de cible**

L'académie de médecine considère que l'électricité nucléaire « s'avère avoir le plus faible impact sur la santé par kilowatt produit par rapport aux filières utilisant des combustibles fossiles, les biomasses ou l'incinération des déchets (...) ou même les énergies éolienne et photovoltaïque ».

Plus précisément, l'IRSN publie régulièrement les expositions du français moyen aux radiations<sup>12</sup> : notre exposition médicale (radiographies, scanners, médecine nucléaire) est plus de 41 fois plus élevée que celle due à l'industrie nucléaire (incluant incidents, déchets et rejets, pollutions résiduelles de Tchernobyl, Fukushima et des essais militaires confondus). Cette dernière est aussi 34 fois plus faible que celle que nous recevons du radon naturel présent sur tout le territoire et dans nos maisons. Quand je parlais de croyances et de fantômes !

## **H. Lobby nucléaire contre lobbies éolien et photovoltaïque ? Le bon scénario pour 2050 est celui qui enrichira le citoyen, pas les lobbies.**

C'est quoi un lobby ? C'est un groupe de pression qui défend des intérêts privés<sup>13</sup>.

Installer des cellules photovoltaïques sur son toit, certains l'ont fait par véritable conviction écologique ; mais pas tous : une majorité ne l'aurait pas fait si ça leur avait coûté de l'argent. En effet ça rapporte ! Surtout ceux de la 1<sup>ère</sup> heure (2009, juste après les décisions du Grenelle de l'Environnement), qui revendent jusqu'en 2029 leurs MWh solaires au « prix d'or » de 630 euros à EDF qui à son tour leur revend 53 €/MWh<sup>14</sup> ! Ca s'appelle s'enrichir sur le dos de ses voisins avec la bénédiction des pouvoirs publics (en effet chaque consommateur finance la différence 630€ moins 53€ à travers la taxe CSPE de sa facture). Bien sûr il n'y a pas que les particuliers aisés ayant installé des capteurs qui en profitent ; de nombreux intermédiaires et spéculateurs aussi, avec certes quelques emplois créés au passage, mais pas assez vu que les capteurs sont importés. Mais qui prétendrait qu'il n'y a pas de lobbies photovoltaïque et éolien ? Il y a même un syndicat des EnR.

Coté nucléaire ? L'État est propriétaire de plus de 85 % d'AREVA et d'EDF. Il n'y a donc pas de « lobby nucléaire ». A la différence des écolos, parfois actionnaires dans des coopératives éoliennes ou photovoltaïques, aucun particulier ne s'enrichit grâce au nucléaire. Ou du moins, un « scénario 100 % nucléaire en 2050 » n'enrichira aucun lobby mais seulement le citoyen moyen.

<sup>12</sup> 4,1 milliSievert/an : dont 41% d'exposition médicale moyenne (1,6mSv/an), 2,5 mSv/an d'exposition naturelle (dont 34% du total dû au Radon naturel) et moins de 1% dû à l'industrie nucléaire.

<sup>13</sup> Dans 90% des cas ce sont des intérêts privés (souvent industriels et financiers) ; et dans 10% des cas ce sont des intérêts humanitaires ou défendus par des ONG

<sup>14</sup> 53€/MWh, hors taxes et acheminement (voir sur votre facture électrique domestique 2015)

## Conclusion

Si le scénario « 100 % EnR » n'est pas crédible, il faut reconnaître que le scénario « 100 % nucléaire » (crédible, faisable, économiquement avantageux) pourrait être perçu par le lecteur comme provocateur et politiquement irraisonnable. La sagesse pourrait plaider pour un peu d'EnR (un quart, un tiers ?) et beaucoup de nucléaire (trois quarts comme aujourd'hui, deux tiers?) Entre tous les scénarios 2050 possibles le lecteur aura compris que celui qui comportera un maximum d'électricité nucléaire aura ma préférence (sauf découverte imprévue – mais l'imprévision est le propre des grandes découvertes, et sans parler de la fusion nucléaire dont le 1<sup>er</sup> réacteur électrogène est pour après 2050).

Mais ce point de vue n'engage que moi et chacun a le devoir de se forger sa propre opinion sur un sujet aussi lourd de conséquences pour notre avenir et celui de notre planète que le sujet de l'énergie. Pour la même raison que le devoir d'objectivité interdit aux journalistes apeurés par le nucléaire d'imposer leur peur à leurs lecteurs et auditeurs, je me garderai bien de tenter de convaincre. Cet article contient simplement quelques faits concrets et ma conviction profonde que nous ferions fausse route à ne pas donner sa juste place à cette source d'énergie exceptionnelle qu'est le nucléaire maîtrisé. Moi aussi le solaire et l'éolien me font rêver, je les utilise pour mes besoins domestiques depuis plus de 40 ans, ils sont parfaitement adaptés à de nombreuses « niches » et applications, soit isolées, souvent de faible puissance. Mais je considère que vouloir en faire des moyens de production d'électricité à l'échelle d'un pays est irresponsable techniquement, écologiquement et économiquement. L'avenir dira si, pour la production massive d'électricité, le photovoltaïque et l'éolien ne sont, comme je le pense, que des modes passagère et des caprices de pays riches. Les 70 réacteurs nucléaires en construction dans le monde apportent un début de réponse. Ces pays affichent faire ce choix parce que le nucléaire maîtrisé est selon eux propre, respectueux de l'environnement, bon marché (sauf à vouloir l'asphyxier par une sûreté parfois devenue inutile, contreproductive et démesurée comparée à celle exigée des autres activités humaines ou à la radioactivité naturelle) ; le nucléaire a aussi l'avantage d'être non aléatoire et non intermittent, ne nécessitant pas de stocker l'électricité ; il apporte une indépendance énergétique précieuse, utilisant un combustible uranium abondant sur toute la planète et au pouvoir énergétique sans égal, produisant de ce fait des quantités de déchets plus faibles que toutes les autres technologies : déchets radioactifs, certes, mais dont toutes les filières de traitement et désormais de stockage ultime sont maîtrisées, déchets dont la radio-toxicité ne peut que s'améliorer et décroître naturellement au fil du temps ; une énergie nucléaire recyclable à 96 %, performance unique qui en fait une championne de l'économie circulaire moderne ; enfin une énergie bientôt (déjà) renouvelable grâce aux réacteurs surgénérateurs de génération IV capables de produire autant de matière fissile qu'il en auront consommé. Bref, toutes les qualités dont on peut rêver pour que nos enfants jouissent d'un avenir énergétique durable, passagers de notre planète bleue à travers cet univers rayonnant pour encore longtemps de son... énergie nucléaire bienveillante.

*Le texte qui précède, fréquemment rédigé à la première personne,  
reflète évidemment la vision de son auteur.  
Cette vision est largement partagée par l'ensemble du Comité de rédaction.*

## De la mine au combustible

Claude Seyve

Le prix de l'uranium se stabilise autour de 40 dollars la livre d' $U_3O_8$ .



Cela paraît bas, mais quand on regarde sur une vingtaine d'année il n'est pas inintéressant de noter que l'on vivait dans la décennie 1990 avec des prix très inférieurs à 20 dollars.,

### Une banque d'uranium faiblement enrichi au Kazakhstan

Le conseil des gouverneurs de l'AIEA a approuvé un accord qui prévoit la création d'une banque d'uranium faiblement enrichi sur le site d'Ust-Kamenogorsk au Kazakhstan. L'objectif est de venir au secours des Etats membres en cas de rupture d'approvisionnement en uranium enrichi. La banque stockera dans un premier temps 90 tonnes d'uranium enrichi et sera financée par des contributions volontaires indépendantes du budget de l'AIEA.

### Areva fournira de l'uranium enrichi en Ukraine

Areva et l'exploitant ukrainien Energoatom ont signé en avril un contrat de fourniture d'uranium enrichi, destiné à diversifier les approvisionnements du pays face au monopole russe. Les premières livraisons doivent intervenir dès cette année. Les négociations ont été l'occasion d'un vaste tour d'horizon sur les possibilités de coopération entre Areva et Energoatom dans l'ensemble des domaines du cycle du combustible et des réacteurs.

**La Corée du Sud pourra enrichir de l'uranium.**

Les États-Unis et la Corée du Sud se sont mis d'accord sur la modification de l'accord intergouvernemental dit « 123 » qui interdisait à la Corée du Sud d'enrichir de l'uranium et de retraiter les combustibles usés en contrepartie d'un support technique et d'un accès aux fournitures américaines dans le domaine nucléaire.. L'accord remanié ouvre la possibilité, pour la Corée du Sud d'enrichir l'uranium à un niveau non militaire. Le retraitement de combustible usé reste limité, mais leur transport vers des pays tiers simplifié.

**Contrat de combustible russe pour les nouveaux réacteurs de Paks (Hongrie) : l'Agence d'approvisionnement d'Euratom a finalement donné son accord.**

Le contrat prévoyait un contrat de fourniture de combustible pendant les 20 premières années de fonctionnement des deux nouveaux réacteurs. Euratom avait émis des réserves considérant que la dépendance trop exclusive de l'électricien hongrois vis-à-vis du fournisseur russe n'était pas souhaitable. Les parties se sont finalement mis d'accord sur une limitation à 10 ans du contrat sur le modèle déjà conclu pour le réacteur finlandais de Hanhikivi 1.

## L'actualité des réacteurs

Claude Seyve

*La revue des évènements de ces trois derniers mois témoigne s'il le fallait de l'atonie de l'Europe occidentale comparée au dynamisme de l'Asie, en particulier de la Chine et de la Corée.*

**FRANCE : les déclarations de l'Autorité de sûreté nucléaire (ASN)** relatives à la cuve de l'EPR de Flamanville ont tenu le haut du pavé médiatique durant le mois d'avril. Du coup, un débat s'est instauré sur les déclarations prématurées des autorités de sûreté, voire plus généralement sur un abus du principe de précaution qui paralyserait sérieusement l'industrie française dans plusieurs domaines.

A noter que Tricastin 3 a été autorisé à poursuivre son exploitation pour 10 années supplémentaires.

**GRANDE BRETAGNE : Westinghouse a relancé la procédure d'homologation de l'AP 1000** interrompue à sa demande dans l'attente d'un projet concret de construction, auquel participent Toshiba et GDF Suez. La procédure concernant l'ABWR d'Hitachi-GE se poursuit tandis que seul à ce jour L'APR est homologué depuis décembre 2012.

**Vers une prolongation de 40 à 50 ans de l'exploitation de Doel 1 et 2** : la Commission des Questions Economiques du parlement belge a approuvé définitivement la proposition du nouveau gouvernement de coalition de prolonger de 40 à 50 ans le fonctionnement de Doel 1 et 2. Cette prolongation est jugée nécessaire pour garantir la sécurité d'approvisionnement en énergie électrique des prochains hivers.

**SUÈDE : Vattenfall décide d'arrêter Ringhals 1 et 2 plus tôt que prévu**, soit en 2018 et 2020 au lieu de 2025 ; les raisons avancées sont d'ordre économique.



Ringhals 1 et 2 Vattenfall

Rappelons en passant que la Suède absorbe à bon prix l'électricité intermittente des éoliennes danoises en effaçant avec un court préavis de l'**hydraulique**, les Danois n'ayant pas la possibilité d'effacer aussi rapidement leurs centrales à charbon qui restent ainsi en fonctionnement.

**RÉPUBLIQUE TCHÈQUE** : le nouveau gouvernement tchèque prévoit une augmentation de la part du nucléaire

Le « plan d'action national » prévoit de renforcer la part du nucléaire de 33 à 46-58% en 2040, en commençant par construire un nouveau réacteur sur chacun des sites de Temelin et Dukovany. Les énergies renouvelables représenteraient 25% du mix énergétique, tandis que la part du lignite, dont les réserves s'épuisent, serait considérablement diminuée.

**RUSSIE** : la construction du surgénérateur BN 1200 est repoussée.

Deux surgénérateurs refroidis au **Sodium** de 1200 MW sont prévus pour une mise en service en 2025. Rosenergoatom déclare repousser cette échéance afin d'accumuler l'expérience du réacteur BN 800 qui a divergé mi 2014 et n'a pas encore atteint le régime de croisière

**Tandis que le réacteur polyvalent à haut flux (MBIR) est autorisé sur le site de Dimitrovgrad.** Ce dispositif expérimental sera utilisé pour développer les matériaux destinés aux réacteurs rapides de 4<sup>ème</sup> génération. Seront testés l'utilisation de sodium, plomb, plomb-bismuth, gaz et sels fondus comme liquide de refroidissement. Le démarrage est prévu pour 2020.

**TURQUIE : la première pierre du projet Akkuyu (4 réacteurs russes VVER 1200) vient d'être posée.** Le parlement turc a par ailleurs approuvé l'accord intergouvernemental entre la Turquie et le Japon ainsi que le contrat commercial pour la construction de 4 réacteurs ATMEA près de Sinop, sur la mer noire. Le consortium, formé de Mitsubishi Heavy Industries (MHI), Itochu, GDF Suez, et la compagnie d'électricité turque, peut entamer l'étude de faisabilité. Rappelons que le réacteur ATMEA est développé par AREVA et MHI.

**CORÉE DU SUD : la Corée pousse ses pions dans le golfe**

La tournée de la Présidente Sud-coréenne Park Geon-hye a été l'occasion de renforcer la présence de l'industrie coréenne :

Déjà à l'œuvre aux Émirats avec la construction de 4 réacteurs APR 1400 à Barakah, l'industrie coréenne étend sa toile : Au Qatar, c'est la fourniture d'un réacteur de recherche qui est en discussion, tandis que l'Arabie Saoudite se déclare intéressée par le projet Smart. Il s'agit d'un petit réacteur à eau sous pression avec générateur de vapeur intégré d'e 100 MWe pouvant également produire de la vapeur industrielle, par exemple pour le dessalement de l'eau de mer. L'organisme de recherche coréen Kaeri prévoit de construire une installation de démonstration démarrant en 2017.

**La Corée du Sud arrête Kori1** : ce réacteur PWR de 500 MW avait démarré en 1977, c'était le premier réacteur du pays. Depuis Fukushima, les habitants de la région de Busan faisaient pression sur le gouvernement et demandaient l'arrêt du réacteur. L'électricien KHNP a considéré que, bien que ce réacteur puisse continuer à fonctionner, il n'était pas indispensable à la sécurité d'approvisionnement du pays et a donc décidé d'anticiper son arrêt. Actuellement, 24 réacteurs sont en exploitation et 4 en construction. Le gouvernement prévoit 10 tranches supplémentaires d'ici 2035.

## **ARABIE SAOUDITE : et peut-être deux EPR ?**

Face à cette concurrence active des coréens, l'industrie nucléaire française n'est pas en reste. Elle vient de conclure avec l'Arabie Saoudite une lettre d'intention pour le lancement d'une étude de faisabilité d'implantation de deux EPR. et prend ainsi une petite longueur d'avance. En outre, AREVA et EDF ont depuis 2012 un bureau commun à Riyad et une quarantaine d'étudiants saoudiens ont été pris en stage en France l'an dernier.

## **INDE : quelques progrès pour l'EPR**

A l'occasion de la visite du premier ministre indien Narentra Modi en France deux accords concernant le nucléaire ont été signés : Ils concernent le projet EPR de Jaitapur.

Un premier accord entre Nuclear Power Corporation of India Ltd (NPCIL) et AREVA prépare la certification du concept EPR en Inde, y compris la recherche d'une optimisation des coûts en maximisant la fabrication locale. Le deuxième accord est une déclaration d'intention signée par AREVA et l'industriel indien Larsen et Toubro (L et T) portant sur la possibilité de fabriquer ensemble des composants clés en assurant les transferts de technologie nécessaires.

## **CHINE : 3 réacteurs mis en service en quelques jours.**

- Yangjiang 2, un CPR 1000 de China Nuclear Power group (CGN). 4 autres réacteurs sont en construction sur le site
- Ningde 3, dans le Fujian, également CPR 1000. Le suivant, Nigde 4 sera mis en service en 2016
- Hongyanhe3, un autre CPR 1000 dans le Liaoning à l'Est de Pékin.

Rappelons que la Chine a actuellement 26 réacteurs en service et 22 en cours de construction seront mis en service d'ici 2020 !



Yangjiang 1 et 2 CGN

## **Et Hualong one (aussi appelé ACC-1000) se prépare à l'exportation :**

Hualong one est une combinaison de l'ACP 1000 de CNNC et de l'ACPR 1000 de CGN. Sa conception a passé avec succès son examen par l'AIEA ce qui en fait le premier type de réacteur chinois à répondre aux normes internationales. La construction d'un premier réacteur de ce type, Fuging 5, vient d'être lancée sur la côte du Fujian., CGN annonce de son côté que

des discussions concernant l'exportation de ce réacteur sont en cours avec la France et le Royaume Uni.

Et le projet de centrale flottante voit le jour : China Nuclear Power Institute vise la mise en service d'une telle centrale flottante de 100 **MW** en 2019.

## **JAPON : le redémarrage du nucléaire est lancé, mais ralenti par des recours de certaines populations locales**

Le **METI** vient de publier un rapport sur le futur mix énergétique du **Japon**. Il s'inquiète en particulier de l'inflation observée du coût de l'électricité depuis l'arrêt des réacteurs à la suite de Fukushima.

L'objectif serait de porter à 22% la part du nucléaire dans le mix énergétique japonais- elle était de près de 30 % avant Fukushima – d'ici 2030, ce qui est réalisable avec le parc de réacteurs actuels. En 2030, la part des énergies renouvelables serait, selon le rapport de 22 à 24 % dont 9% d'hydraulique, 7 % de solaire et 4% de biomasse.

Dans ce contexte les électriciens japonais décident de l'arrêt définitif des centrales très anciennes mises en service entre 1969 et 1971. Sur un total de 54 tranches en service avant Fukushima, 23 demandes de remises en service ont été déposées sur les 43 possibles. 4 autorisations ont été accordées à ce jour pour Sendai 1 et 2 de Kyushu et Takahama 3 et 4 de Kansai. Ces autorisations ont été contestées par certains riverains devant les tribunaux de district. La plainte concernant Sendai 1 et 2 a été rejetée et ces réacteurs devraient démarrer dans l'été,. En revanche, la cour de Fukui a interdit la reprise de l'exploitation de Takahama 3 et 4, et Kansai a fait appel. A suivre, donc !

## **ÉTATS-UNIS : la population américaine confirme son opinion positive du nucléaire**

D'après une enquête menée par Bisconti Research pour le compte de NEI, 68 % des américains approuvent le recours à l'énergie nucléaire et 78% pensent que l'énergie nucléaire jouera un rôle important dans l'avenir. De l'avis des américains, le nucléaire se place en troisième position dans la liste des sources d'électricité les plus utilisées dans 10 ans, derrière le solaire et le gaz naturel.

La demande de certification du réacteur coréen APR 1400 a été acceptée pour examen par la NRC. Actuellement 2 types de réacteur ont obtenu une certification aux États Unis : l'APR 1000 de Westinghouse et l'ESBWR (*Economic Simplified Boiling Reactor*) de GE-Hitachi. Pour sa part Areva Inc a demandé à la NRC de suspendre provisoirement la demande de certification de l'**US PWR.... Ce n'est pas plutôt l'EPR.**

## **Et 20 ans d'exploitation supplémentaires pour Callaway 1 !**

NRC vient d'autoriser cette centrale PWR de 1215 MW à 20 ans de mieux jusqu'au 12 octobre 2044. C'est ainsi 76 tranches nucléaires qui disposent d'une autorisation pour 60 ans. 18 demandes sont encore en cours d'examen.



Callaway 1. Union Electric

## L'aval du cycle et le démantèlement

Jacques Simonnet

### FRANCE

- **EDF et AREVA** ont signé fin mai un contrat portant sur le traitement, le recyclage et le transport des combustibles nucléaires usés français pour la période 2013-2015. En juin 2014, les partenaires s'étaient accordées sur les « Termes de Référence » d'un contrat couvrant la période 2013 - 2020. La situation ayant évolué depuis, entraînant une dégradation de la rentabilité des opérations, les deux partenaires se sont mis d'accord pour signer un contrat d'application limité à la période 2013-2015 à des conditions plus favorable à la rentabilité et d'étudier, pour la période post-2015, de nouvelles modalités de fixation des prix et de financement des investissements.
- Les six associations qui accusaient l'ANDRA d'avoir fourni « une appréciation délibérément partielle des données » pour ce qui est du potentiel géothermique de la région de Bure, site du futur stockage **CIGEO**, ont été déboutées par le tribunal de Nanterre qu'elles avaient saisi. Le différend porte sur l'interprétation du terme « exceptionnel » concernant l'intérêt que peut avoir le site en termes de ressources souterraines, l'ANDRA reconnaissant que le site présente un intérêt géothermique, mais qui n'est pas différent de celui d'une grande partie du bassin parisien, les associations considérant que ce potentiel étant réel, on ne devrait pas situer le stockage à cet endroit. Le tribunal s'est abstenu de juger sur le fond, estimant que l'ANDRA n'avait pas commis d'infraction au droit de l'environnement (pas de faute dans sa mission d'information), que ce sont aux autorités publiques d'apprécier le contenu de l'étude ayant qualifié le potentiel géothermique et que les associations n'ayant pas un intérêt « né et actuel à agir en dommages et intérêts à l'encontre de l'ANDRA » sont déclarées irrecevables en leur demande. Les associations ont l'intention de faire appel et de tenter d'autres voies de recours. L'IRSN a annoncé qu'il considérait que l'utilisation géothermique du site était plausible et que les scénarios d'intrusion correspondants seraient étudiés.

### ALLEMAGNE

- **AREVA** a achevé la décontamination de la cuve du réacteur de la centrale ISAR 1 en utilisant les procédés CORD UV et AMDA d'origine Siemens qui ont déjà été mis en œuvre sur une trentaine de réacteurs, dont récemment Chooz 1, tel que relaté précédemment dans ces colonnes.
- **AREVA TN** a signé un contrat de plusieurs millions d'euros avec GNS, société allemande chargée de la gestion des déchets nucléaires pour le compte des électriciens (Eon, EnBW, Vatenfall, RWE), pour la conception et l'agrément du nouvel emballage TGC27 destiné au transport et à l'entreposage à sec de déchets nucléaires issus du retraitement des combustibles usés allemands. GNS est lui-même concepteur et fournisseur d'emballages de transport et d'entreposage, dont les CASTOR en fonte ductile (GS) bien connus.
- Il se pourrait que l'Allemagne sorte de l'impasse dans laquelle elle se trouvait pour la récupération des 26 conteneurs de déchets qui doivent revenir de La Hague et de Sellafield, pour lesquels aucune destination n'avait été trouvée, en grande partie pour

des raisons réglementaires (voir les éditions précédentes de N&E). La ministre de l'environnement a proposé que ces conteneurs soient répartis sur des entreposages situés sur 4 sites de centrales (Philipsburg pour les déchets de moyenne activité, Biblis, Brockdorf et Isar pour les déchets de haute activité). Il appartient maintenant aux électriciens de soumettre des dossiers d'autorisation précis qui seront en principe favorablement traités au niveau fédéral et non au niveau local, beaucoup plus incertain. Cette déclaration a été accueillie avec satisfaction par les électriciens.

## CHINE

- Dans le cadre du partenariat industriel entre la France et la Chine dans l'aval du cycle nucléaire, après la signature de la lettre d'intention entre les deux entreprises en avril 2013, AREVA a soumis à son client **CNNC** (China National Nuclear Corporation) une proposition pour la conception et la fourniture des équipements critiques d'une usine de traitement et de recyclage des combustibles usés d'une capacité de 800 tonnes par an.
- Le parlement de **Taiwan** a bloqué l'appel d'offres qui avait été lancé en février en vue de l'envoi pour retraitement à l'étranger du combustible usé Taïwanais, dans la mesure où le financement de l'opération n'avait pas été légalement approuvé.

## ETATS-UNIS

- Aux États-Unis, l'abandon du projet de stockage de Yucca Mountain (bien qu'un budget de 175 millions de \$ ait été alloué en 2016 pour poursuivre les activités d'évaluation environnementales) ainsi que l'arrêt du prélèvement de la taxe sur les kWh produits incitent les électriciens dont les piscines sont saturées à investir dans des installations d'entreposage. AREVA TN qui a été le plus gros fournisseur des installations existantes diversifie son offre et poursuit ses ventes, mais doit compter avec son principal concurrent HOLTEC qui diversifie également son offre et récupère des parts de marché.



Un module NUHOM  
© AREVA, D.R., TN INTERNATIONAL

- Ainsi, si AREVA a reporté un contrat de 30 modules horizontaux NUHOMS HSM-H auprès d'Excelon Nuclear qui s'ajoutent aux 40 modules déjà en place à Nine Mile Point (N.Y.), HOLTEC étend la capacité des installations qu'il a fournies à Callaway, et lance au Nouveau Mexique l'étude et la demande d'autorisation d'un entreposage qui pourrait contenir jusqu'à 75000 tonnes de combustible.

- L'usine **MFFF** (MOX Fuel Fabrication Facility) de Savannah River a encore beaucoup fait parler d'elle ce trimestre, son sort est remis en cause et n'est pas décidé. Voir l'article ci-après.
- Dans le domaine connexe de la non-prolifération, l'utilisation d'uranium hautement enrichi (plus de 20 %) a été proscrite dans les réacteurs de recherche du monde entier, qui ont renvoyé leurs combustibles usés aux États-Unis. L'usine de retraitement « H Canyon » du DOE de Savannah River est toujours en service et va entamer le

retraitement de ces combustibles de réacteurs de test de matériaux ou à haut flux, de manière à neutraliser cet uranium HEU en le diluant avec de l'uranium naturel ou appauvri. Le produit résultant sera fourni à TVA (*Tennessee Valley Authority*) qui l'utilisera pour fabriquer des combustibles à utiliser dans ses propres réacteurs électrogènes commerciaux.

## JAPON

- Le gouvernement japonais a annoncé qu'il considérait le retraitement du combustible comme un « facteur essentiel » de l'utilisation de l'énergie nucléaire sur le long terme et confirme son intérêt pour le projet d'usine MOX JMOX dont il pense obtenir l'autorisation d'exploitation en octobre 2017, alors que celle de l'usine de retraitement de Rokkasho-Mura est espérée en mars 2016, les deux en conformité avec les nouveaux standards de sûreté édictés après Fukushima.
- Malgré ces annonces et la suspension du fonctionnement des réacteurs, le retard à la mise en service de Rokkasho-Mura risque de poser des problèmes d'entreposage à moyen terme, et des centrales telles que Hamaoka de Chubu EPCO, qui pourraient être saturées après 2 à 3 ans de fonctionnement, ont d'ores et déjà déposé des demandes de construction d'entreposage à sec qui pourraient être mises en service en 2018. Le gouvernement envisage la mise en place d'une installation d'entreposage tampon nationale.

## L'usine MFFF (MOX Fuel Fabrication Facility) de Savannah River

Jacques Simonnet

Cette usine découle des discussions relatives au désarmement atomique entre les États-Unis et l'Union Soviétique, poursuivis avec la Russie. Ces discussions ont une histoire longue et complexe, débutée à Helsinki en 1969 et qui se poursuit encore maintenant, en passant par les accords SALT (*Strategic Arms Limitation Talks*) I puis II, et les accords START (*Strategic Arms Reduction Treaty*), puis SORT et nouveau START. Ces accords ont le plus souvent porté sur des limitations que sur des réductions, sauf pour les vecteurs, élément essentiel suivant la formulation célèbre de Boris Vian<sup>15</sup>. Ceci a tout de même conduit entre autres à la destruction brutale par découpe en six morceaux d'environ la moitié (365 sur 742) des bombardiers stratégiques B 52 produits, petite bête de 83 tonnes à vide la pièce.

Deux accords présentent la particularité de porter sur les matières premières des armes, le premier Megatons to Megawatts de 1993 porte sur la neutralisation de 500 tonnes d'uranium à fort enrichissement (HEU, *Highly Enriched Uranium*) appartenant à la Russie, achetés dilués à environ 5% par les États-Unis pour être utilisés dans des réacteurs électrogènes. Accord atypique, puisque la Russie s'est privée de la matière nécessaire pour fabriquer de nombreuses bombes sans aucune contrepartie militaire de la part des États-Unis, mais il y avait des contreparties financières apparemment appréciées... Cet accord a été totalement exécuté en 10 ans, pendant lesquels environ 10 % de la production d'électricité nucléaire des États-Unis a eu pour origine cet enrichissement russe.

Le second, *Plutonium Management and Disposition Agreement* de 1998, signé en 2000, celui-ci parfaitement symétrique au plan militaire, porte sur la neutralisation d'au moins 34 tonnes de plutonium de qualité militaire (*High* ou *Weapon Grade*) dans chacun des deux pays. La destination prévue des deux côtés est soit l'utilisation dans des réacteurs soit une immobilisation. Les États-Unis avaient l'intention d'utiliser les deux méthodes, mais en 2001, après étude l'administration Bush décida, pour des raisons de coût, de ne conserver qu'une seule méthode et retint la méthode MOX pour eau légère, jugée meilleure. Ceci malgré de fortes réticences, les opposants considérant que l'option ouvrait la porte au retraitement et à la prolifération. Une révision du protocole a eu lieu en 2007 (signée en 2010), qui acte que du côté russe, les conditions du protocole de 2000 sont devenues économiquement non viables, que l'aide financière américaine sera limitée et admet que le plutonium russe pourra être utilisé dans des réacteurs rapides à construire. L'évolution de ce côté n'est pas très claire, mais ne semble pas être une priorité. Du côté des États-Unis, il est acté que seule est retenue l'utilisation dans des MOX à utiliser dans des réacteurs à eau légère, avec la construction d'une installation de déconstruction des têtes, de fabrication de combustibles MOX et de conditionnement des déchets de cette usine, le tout ayant été autorisé en 2005 et lancé en 2007.

---

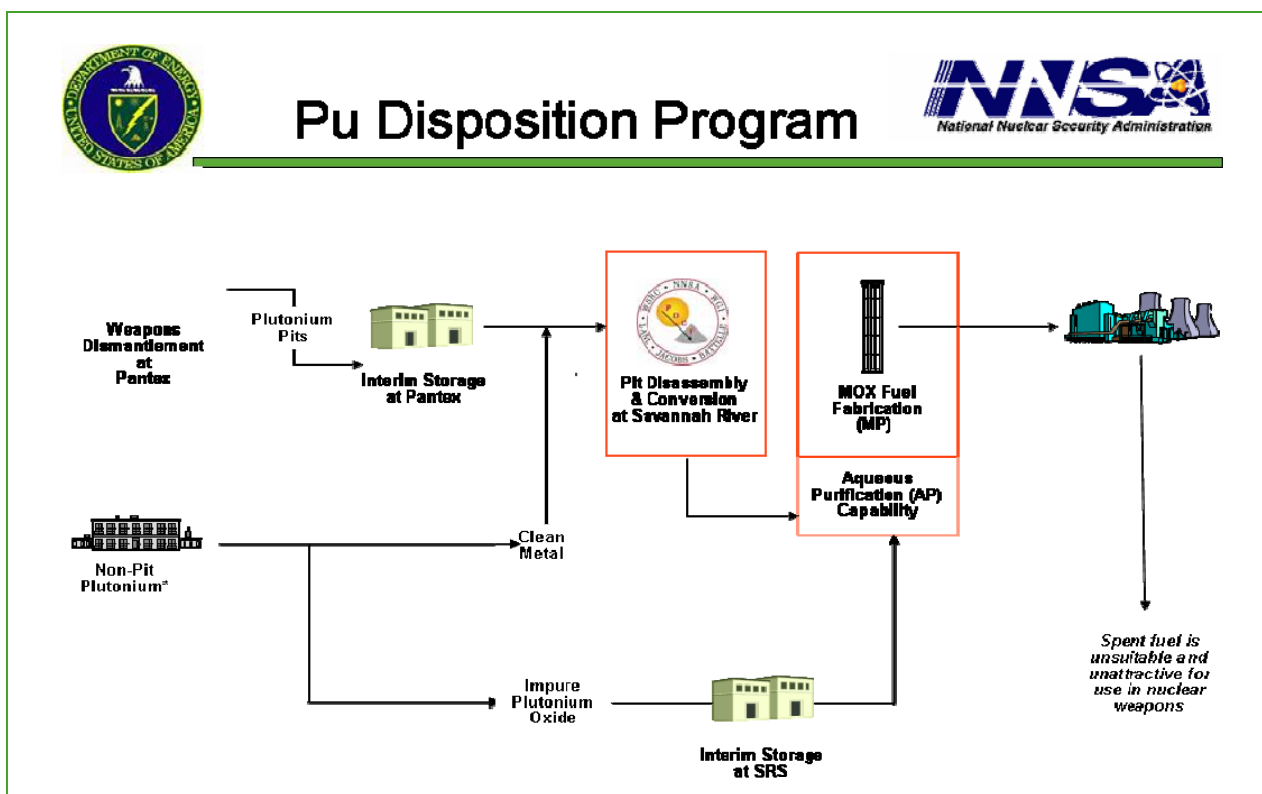
<sup>15</sup> J'essaye d'augmenter la portée de ma bombe Et je n'me suis pas rendu compte' Que la seul' chos' qui compte' C'est l'endroit où s'qu'ell' tombe. Boris Vian. La Java des bombes atomiques, 1954

Du côté américain, il est prévu de traiter du Pu métal provenant de la déconstruction des têtes, « clean » mais allié (environ 25 tonnes), du métal « impur » et une quantité non négligeable d'oxyde ayant été en contact pour la plus grande part avec des sels fondus.

Pour ce qui est des autres aspects du traité, on pourra trouver un bon résumé dans <http://www.armscontrol.ru/pubs/en/unidir-disposition-of-excess-russian-weapon-heu-and-plutonium.pdf>

Pour ce qui est de l'usine MFFF elle-même, en dehors du conditionnement des déchets, il y a en réalité 3 installations distinctes :


- 1) Une installation de purification et de conversion en oxyde du plutonium métal qui a été allié, pour des raisons de résistance mécanique, à du gallium non compatible avec l'utilisation en réacteur et pour lequel il a fallu mettre au point un procédé de séparation. Les contraintes de criticité, très fortes en l'absence de tout absorbant neutronique, impliquent des appareillages de dimensions très réduites.
- 2) Une installation de purification d'oxyde de plutonium pollué par contact avec des sels fondus, nécessitant une installation de dissolution et de purification particulière avec un procédé mis au point à ATALANTE.
- 3) Une installation de fabrication de combustibles MOX plus classique, qui subit des contraintes de criticité beaucoup plus importantes que celles de MELOX pour toute la partie avant mélange primaire.




Le process général

Le plutonium ayant « vieilli » contient également des quantités significatives d'américium 241 très irradiant, qui impose d'installer des protections biologiques conséquentes. La capacité nominale n'est en conséquence que de 3,5 t de Pu par an, correspondant à 70 tML de combustible par an, soit un fonctionnement sur 10 ans à cette cadence (l'accord oblige à une cadence minimale de 2 t/an), qui ne permettra d'amortir l'ensemble que sur 700 t de combustible au total.

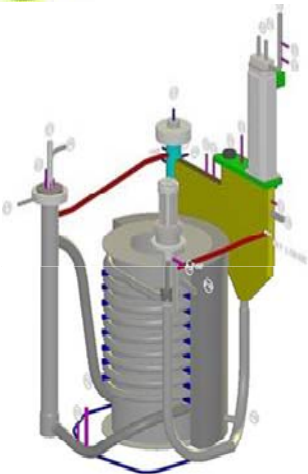
On est donc techniquement en présence d'une installation intrinsèquement complexe, de faible capacité et de faible durée utile, dont la finalité n'est pas de produire des combustibles MOX, qui ne sont en définitive que le sous-produit d'une opération coûteuse de neutralisation de plutonium de qualité militaire. Même si d'autres contraintes ne s'ajoutaient pas, il n'est donc absolument pas légitime de comparer le prix de revient du combustible à celui qui est produit dans une usine dont la finalité est d'en produire d'une manière économiquement viable.




## Aqueous Polishing Process




---



**Electrolytic Dissolution  
of PuO<sub>2</sub> Powder into a  
Nitric Acid Solution**



**Chemical Purification  
Steps to Separate Pu  
from Contaminates**



**Conversion  
of Pu in solution to  
PuO<sub>2</sub> Powder**

Les équipements de la partie chimique

De fait, d'autres contraintes se sont ajoutées. Comme il s'agit d'une installation « civile », sous prétexte de prolifération, le DOE et la NRC ont multiplié les exigences de protection physique ainsi que de contrôle et de comptabilité des matières à un point qui n'a certainement jamais été atteint dans les installations militaires ayant fabriqué ou mis en œuvre les produits. Le DOE a également multiplié les contraintes de gestion du projet, notamment en matière financière et de conservation des données. Le système informatique de suivi de la production comporte plus de 2 millions de lignes de code.

Le coût du projet était estimé à 4.86 M\$ (milliards de \$), pour un début des travaux en août 2007 et une mise en service prévue en octobre 2016.

Ces estimations n'ont pas tenu compte de plusieurs facteurs supplémentaires importants :

- aucune installation nucléaire d'importance significative n'avait été construite dans le pays depuis une vingtaine d'années et le tissu industriel n'était pas prêt à supporter un tel projet, les fournisseurs n'ont pas été trouvés ou ont été défaillants.
- Le DOE lui-même n'avait plus la compétence pour gérer un projet de cette ampleur.
- Le fait que le budget soit attribué annuellement a nécessairement conduit à des périodes de stand-by et à un allongement du planning qui ont significativement contribué à l'augmentation des coûts.

Il est difficile de connaître les coûts des différentes phases (déconstruction des armes, construction de l'usine, exploitation) et de se faire une idée de leur réalité, les anti-nucléaires et les phobiques de la prolifération (ils sont encore nombreux) ne manquant aucune occasion de les faire apparaître de manière majorée pour tenter de torpiller le projet, les autorités locales, qui pensent emploi et fiscalité, agissant en sens inverse.

La revue « indépendante » effectuée par Aerospace Corp. publiée en mai 2015, indiquerait une valeur de l'ordre de 50 M\$ pour le coût final (47,5 ou 51 selon les sources), exploitation comprise, alors que le coût de l'immobilisation serait de 17 M\$. Ces coûts incluraient l'extraction du plutonium des armes (8.4 M\$ pour l'option MOX et 5.5 M\$ pour l'option immobilisation, on peut se demander pourquoi une différence) qui n'étaient pas comprises dans le coût initial cité plus haut. Ces estimations ne seraient pas cohérentes avec d'autres estimations gouvernementales et sont contestées par le contractant qui estime que le projet pourrait être terminé d'ici 5 à 9 ans, en fonction du budget annuel alloué, avec une dépense complémentaire de 3,3 M\$, le coût de l'exploitation sur 20 ans ressortant à 8 M\$.

Le projet est actuellement plus ou moins en stand-by. Un budget en baisse d'environ 14 millions de \$ a été voté pour l'année fiscale 2016. Le DOE a annoncé début mai qu'il étudiait quatre options différentes pour la neutralisation du plutonium et qu'il n'avait actuellement aucune préférence, ni sur la méthode, ni sur la localisation des installations requises par ces méthodes. L'immobilisation est une de ces méthodes et le stockage des colis pourrait être envisagé au WIPP, cette idée étant d'ores et déjà contestée. Un second rapport sera émis sur le sujet en septembre, à partir duquel les autorités pourront retenir une option. AREVA Inc., partie prenante dans le contrat de réalisation, considérerait que l'usine ne sera pas achevée.

Il semble que l'immobilisation telle qu'elle est maintenant envisagée dans des céramiques ne respecterait pas le critère de l'accord suivant lequel le débit de dose des conteneurs devrait être au minimum de 1 Sv/h à 1 m 30 ans après le remplissage après mélange avec des déchets de haute activité (cette condition étant automatiquement satisfaite dans l'option MOX irradié). Ce point pourrait faire l'objet de réclamations de la part de la Russie et de l'AIEA, garante des conditions d'application de l'accord. On reparlera donc de ce sujet, d'autant plus que les électriciens ne se bousculent pas (c'est le moins qu'on puisse en dire) pour utiliser les MOX dans leurs réacteurs si le projet MFFF aboutit.

## Ionisation : peut-on consommer des aliments irradiés ?

François Justin

*France 5 a relancé le débat sur la nocivité présumée des aliments irradiés.*

### Qu'en est-il ?

La plupart des aliments contiennent ou peuvent être contaminés par des produits dangereux à terme. Leur conservation nécessite alors des précautions particulières comme :

- la chaîne du froid, qui arrête la prolifération des micro-organismes, mais ne doit pas être interrompue sous peine de pourrissement, ce qui est dangereux car cette rupture de froid est a posteriori invisible, sauf à un état de pourrissement avancé ;
- la déshydratation par dessiccation et chauffage, qui se traduit par un racornissement des produits humides, et modifie le goût ;
- la congélation ou la surgélation, parfois précédée de la cuisson, dépendant aussi de la chaîne du froid ;
- la pasteurisation qui débarrasse les germes pathogènes en chauffant à 75/85°C puis une mise au froid à 4°C environ assurant une conservation de quelques semaines, donc aussi dépendant de la chaîne du froid ;
- l'appertisation pour faire des conserves en boîtes métalliques après un chauffage à 115/140 °C, chauffage énergétique qui ne convient pas à tous les produits, mais ne dépend pas du froid.

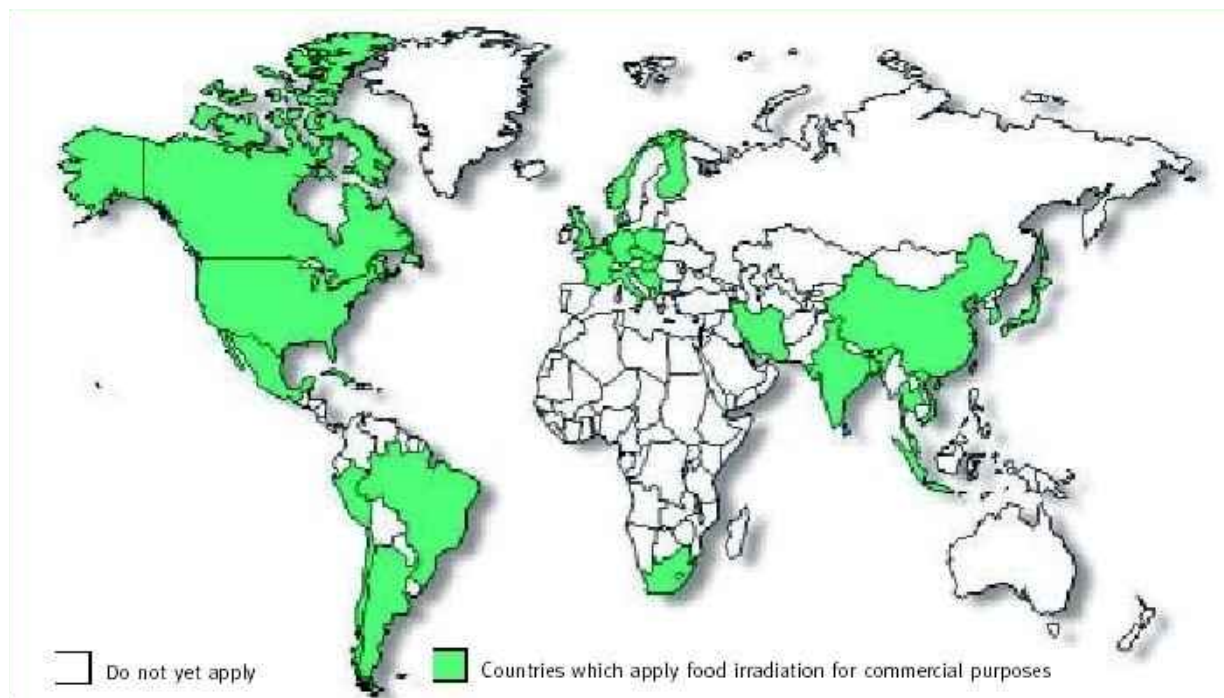
Pourrait-on avoir un procédé qui permette de conserver à température ambiante des fraises, que l'on pourrait consommer deux ans plus tard, avec le goût de fraises fraîchement cueillies ? Je peux témoigner que j'ai consommé des fraises irradiées, on dit aussi « ionisées » pour ne pas choquer le public, deux ans plus tôt, lors d'une conférence sur ce mode de conservation. La seule contrainte de cette technique est de maintenir ces fraises dans un emballage plastique étanche soudé. Nul besoin de vide ou d'autres précautions.

### Comment ça marche ?

L'irradiation est ajustée pour détruire les micro-organismes pathogènes dans ou autour des fraises ; le sac plastique soudé préalablement autour des fraises empêche une contamination ultérieure de celles-ci. C'est seulement avant la consommation que l'on déchire le plastique, le délai de consommation étant alors de quelques jours, comme pour des fraises fraîches. On peut aussi noter que les fraises du marché sont le plus souvent cueillies bien avant leur maturité pour se conserver un peu plus longtemps, alors que la technique d'ionisation est rapide et permet d'attendre la maturité du fruit et d'obtenir un parfum, un goût idéal. La destruction des germes, qui sont des cellules vivantes, est due à la détérioration de l'ADN par le rayonnement, empêchant la cellule de se reproduire. Ce procédé a été inventé par des scientifiques français en 1945. On peut aussi remarquer qu'aucun additif chimique n'est nécessaire dans l'ionisation.

## C'est dangereux ?

1220 études sur 278 aliments ont été menées à partir de 1979. Les résultats obtenus en 1997 ont permis à un comité d'experts internationaux (*Food and Agricultural Organization* de l'ONU, Organisation Mondiale de la Santé, Agence internationale pour l'Energie Atomique) d'affirmer l'innocuité des aliments ionisés, jusqu'à une dose maximale de 10 000 grays, avec une marge de sécurité importante. Aujourd'hui, plus de 40 pays ont approuvé l'irradiation d'environ 50 aliments différents, visibles sur la planisphère ci-dessous :



<http://www.iaea.org/nafa/d5/public/foodirradiation.pdf>

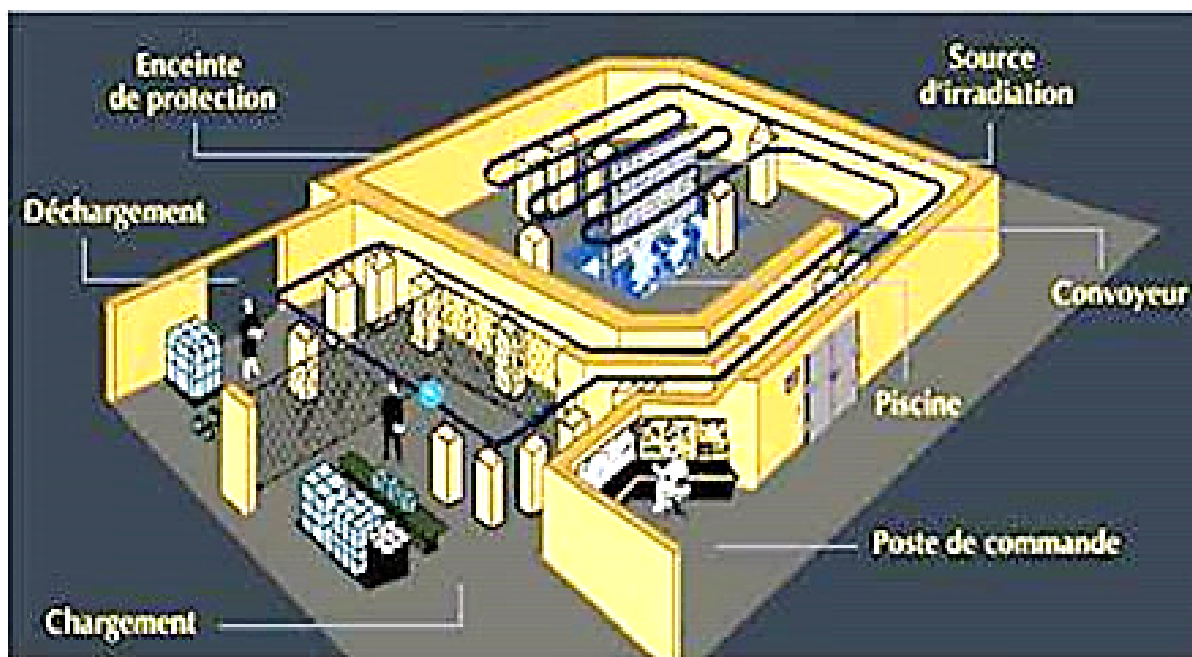
Le principe de l'ionisation est de soumettre à froid l'aliment à un rayonnement ionisant par faisceau d'électrons, rayons X ou rayons gamma, dans l'ordre des énergies croissantes.

- les électrons ou rayonnement bêta, ont une faible pénétration et l'on devrait traiter les fruits par exemple à l'unité, ce qui est peu envisageable pour des raisons économiques pour des grandes quantités ; en accélérant ces électrons, on peut traverser de plus grandes épaisseurs, surtout si l'on traite des produits de moindre densité (objets pharmaceutiques ou médicaux par exemple)
- pour les rayons X, il faudrait une longue irradiation, peu économique également,
- les rayons gamma sont des photons de haute énergie ; ceux du Cobalt 60 ont une pénétration de plus d'un mètre dans des fruits ou légumes, et permettent de traiter une palette entière venant d'usine, dont tous les éléments commercialisables sont emballés individuellement par des sacs plastiques soudés, et repartent dans la distribution avec une manutention qui peut être automatisée. L'irradiation se fait pendant plusieurs minutes, par deux côtés opposés successivement, en fonction des calculs ou mesures réalisés.

Le Cobalt 60 est contenu dans des aiguilles métalliques, en acier inoxydable habituellement. Ces aiguilles sont contenues dans un panier (que l'on appellera « source » plus loin) accroché à un treuil au-dessus d'un puits contenant environ 5 mètres d'eau ; cette eau constitue une protection radiologique pour les opérateurs qui auraient à intervenir dans cette zone, lorsque le panier de Cobalt 60 est au fond. En position de travail, la source est remontée par le treuil, puis redescendue au fond du puits en fin de session. Ces opérations sont réalisées à distance et automatiquement. Bien sûr, en cas d'incident (irruption intempestive de personnes dans la zone d'irradiation, anomalie de la progression des palettes...) des automatismes font descendre la source. On peut aussi avoir, de la même façon que pour les barres de sûreté des réacteurs nucléaires chutent gravitairement en cas d'absence d'électricité, une descente gravitaire du panier lorsque le courant électrique du treuil est coupé, par un bouton « coup de poing » par exemple, sans besoin d'énergie.

L'énergie d'irradiation délivrée est de l'ordre de 5 000 Grays, énergie qui élèverait la température de 1,2 °C, ce qui est le maximum pour la viande et le poisson, sans détruire les vitamines ni le goût, ni l'odeur, ni la texture. Pour les céréales, où les contraintes sont plus légères, on peut monter à 10 000 Grays. Le schéma ci-dessous montre la circulation des palettes et la zone interdite d'accès lorsque la source est au-dessus du puits, zone entourée de murs en béton de plusieurs dizaines de centimètres pour la protection biologique des opérateurs. Faut-il rappeler « qu'un produit irradié n'est pas irradiant », de la même façon qu'un bifteck cuit sur une plaque électrique ne va pas nous électriser !

Les inconvénients cités par les opposants (destruction des vitamines, transformations chimiques favorisant l'apparition de cancers ou de maladies cardiovasculaires) ne peuvent apparaître qu'à des niveaux d'énergie très supérieurs aux 1,2 °C induits par le Cobalt 60 ; n'oublions pas que la pasteurisation ou la cuisson, universellement acceptés, élèvent la température d'environ 100 °C !



Implantation d'un irradiateur

Un inconvénient pour les opérateurs est la formation d'ozone due à l'irradiation de l'oxygène de l'air par le rayonnement gamma dans l'espace autour des sources de Cobalt. Ce produit est toxique et doit être évacué par la ventilation de la cellule d'irradiation pendant plusieurs dizaines de minutes, ce qui est une contrainte de sûreté impérative. Un autre inconvénient est l'utilisation d'un produit radioactif dont l'activité se réduit de moitié tous les 5 ans, de par la décroissance radioactif de cet isotope ; on peut allonger le temps d'irradiation des produits, mais il faut songer à remplacer la source et se défaire des anciennes aiguilles de Cobalt, devenues un déchet repris par l'ANDRA pour stockage (opération payante bien sûr).

En France, la société IONISOS exploite deux irradiateurs industriels pour les produits alimentaires :

- sur le site de Pouzauges, en Vendée, l'installation a été mise en service en 1995. Elle réalise une grande quantité d'irradiation de matériels médicaux à usage unique : drains, seringues... en plus de l'alimentaire. A noter que pour les plastiques médicaux, sensibles à des températures supérieures à 60°C, seule l'irradiation est envisageable, en emballage individuel.
- à Sablé sur Sarthe, 50 km au sud-ouest du Mans, un ionisateur est en fonctionnement depuis 1992, avec les mêmes types de produits traités.

Cette même société exploite également deux autres irradiateurs de produits pharmaceutiques, chirurgicaux, rouge à lèvres... Fondée en 1993 par la fusion des sociétés Amphitryon et Conservatome cette société a fondé une filiale en Espagne et une en Chine et emploie une centaine de personnes sur 7 sites. Début 2015, le groupe a été acheté par la société de capital-investissement Agilitas, pour fournir des moyens permettant au groupe de se développer.

En France les aliments suivants sont autorisés à l'ionisation :

- fraises, oignons, ail, échalote
- légumes et fruits secs
- viande et abats de volaille
- crevettes décortiquées, congelées ou étêtées
- flocons et germes de céréales
- cuisses de grenouille
- farine de riz
- blanc d'œuf
- gomme arabique.

A noter que les USA « exigent » l'irradiation des crevettes importées sur leur territoire !

Cette liste date du début de ce siècle, mais il ne semble pas y avoir au niveau européen une volonté de l'étendre, les distributeurs et producteurs craignant que l'étiquetage obligatoire « traitement par rayonnement ionisant » ou bien « traitement par ionisation » n'entraîne des réactions négatives de la part des consommateurs.

## Le nucléaire iranien et la non-prolifération

Aimé Darricau

***Finalisé le 1<sup>er</sup> juillet, le texte qui suit ne rend pas compte des négociations en cours à cette date. C'est en quelque sorte un point d'étape après le pré-accord d'avril.***

***Le texte de l'accord conclu à Vienne le 14 juillet entre l'Iran et ses partenaires n'est aujourd'hui ni public ni entré en vigueur mais tout permet de penser qu'il s'agit, au terme d'une douzaine d'années de discussions, d'un accord fondamental.***

***Vous trouverez dans le prochain numéro une analyse très complète sur la mise en œuvre de cet accord (ONU, Congrès US, Iran) et l'exercice du suivi par l'AIEA des vérifications qui constituent évidemment le point clé.***

Les questions posées par la réalisation du programme nucléaire iranien relèvent en fait de la vieille histoire. En effet les activités correspondantes avaient été interrompues au moment de la révolution pour reprendre vers la fin des années 80 et au début des années 90. Et, détail curieux, Monsieur Etamad, ancien président de l'organisation de l'Energie Atomique d'Iran écrivait il y a quelques années que le Chah lui avait déclaré vers 1978 qu'il n'excluait pas une orientation militaire si cela s'avérait nécessaire ! Quoiqu'il en soit, le problème commença à se poser en 2002 avec la « découverte » des installations de Natanz qui étaient restées secrètes apparemment jusque-là. Déjà des négociations furent entreprises par l'Angleterre, la France et l'Allemagne avec l'Iran en 2003 2005 en vue d'obtenir la suspension de l'enrichissement et l'acceptation par l'Iran du Protocole additionnel de l'AIEA devant renforcer les contrôles. Sans succès semble-t-il puisque des sanctions furent votées par l'ONU en 2006 et aggravées en 2009. Pourtant, pour certains déjà, les intrigues politiques et les luttes entre factions au sein du régime iranien devaient donner lieu à une « certaine fluidité politique ». Et, selon Monsieur ENTESSAR président du département de Sciences Politiques, l'AIEA longtemps méfiante, n'avait pu conclure que les programmes iraniens avaient violé les obligations du pays aux termes du traité de Non-Prolifération.

Après interruption, les pourparlers furent repris en 2013 par le groupe des 5 + 1<sup>16</sup>, certains affirmant que les grandes puissances envisageaient une crise majeure en cas d'échec, Israël évoquant à ce moment des frappes militaires. L'accord intérimaire permettant la poursuite des discussions fût prolongé en juillet 2014 jusqu'à la fin novembre. Mais il n'y avait pas encore de résultat significatif à cette date et des voix s'élevèrent pour étendre un accord intérimaire, comme le ministre des affaires étrangères russe Serge LAVROV. Toutefois, au moins officiellement, les États-Unis n'envisagèrent pas de nouveau délai, contrairement à ABBAS ARAQCHI, le vice-ministre iranien des affaires étrangères. Et la France, quant à elle, n'excluait pas de s'opposer à une nouvelle prolongation. Finalement le secrétaire d'Etat américain, John KERRY, rencontra le ministre iranien des affaires étrangères Mohammad JAVAD ZARIF avec le représentant de l'Union Européenne Catherine ASHTON, le ministre français L. FABIUS et le

<sup>16</sup> Les 5 membres permanents du Conseil de Sécurité et l'Allemagne

ministre des affaires étrangères d'Oman, Youssef AL-ALAWI. Un plan global d'action était proposé comprenant notamment le transfert en Russie d'une partie des stocks iraniens de matières en vue, disait-on, de les « neutraliser ». Incidemment, Moscou négociait à la même date avec l'Iran la conclusion de deux nouveaux contrats de centrales.... La France, quant à elle, paraissait réservée. Et, fin 2013, Laurent FABIUS s'était déjà opposé à ce qui lui paraissait un mauvais accord poussé par les États-Unis.

Finalement, les discussions ont repris à Montreux, puis Lausanne, avec une date butoir de fin mars 2015. Heureuse surprise, c'est un accord-cadre qui a été conclu le 2 avril qui, semble-t-il, arrête surtout des principes et qui doit aboutir à un accord complet, ou technique, ou final à la date du 1<sup>er</sup> juillet prochain.

## **Accord du 2 avril 2015**

Revenons d'abord sur quels étaient les soucis pour les commentateurs avant d'énumérer les premiers acquis annoncés.

Il y avait d'abord le nombre des centrifugeuses : 20000 aujourd'hui dont 9000 en activité et il semblait qu'on pouvait s'orienter vers 6500. Ensuite, que devait-on faire du stock d'uranium existant dont on peut espérer que la Russie l'accueillerait pour le traiter avec destination finale à la centrale iranienne de BOUCHEHR. Quant au niveau d'enrichissement (90% pour un usage militaire !) dès 2013, à Genève, l'Iran avait accepté la limite de 20% et disposerait de 7,6 tonnes à 5%. Les négociations des 5 + 1 désiraient réduire le stock en dessous de ce seuil. Quant aux sites industriels existants, l'Iran était prêt à convertir en centre de recherche médicale celui de Ferdow, site souterrain d'enrichissement.

Pour le réacteur à eau lourde d'Arak, l'Iran était prêt à accepter de limiter la production de plutonium à moins de 1 kilogramme par an alors que les occidentaux auraient souhaité son démantèlement. La question des sanctions se posait aussi. Leur effet est effectivement très lourd quand on additionne les sanctions onusiennes et celles pratiquées par les USA et l'Europe : il s'agirait rien moins depuis 10 ans que de 480 milliards de dollars, soit plus d'un an de PIB iranien. Il est vrai que depuis un premier accord à Genève début 2014, il y avait eu une levée partielle pour 6 mois, prolongée jusqu'en juillet 2015. Et depuis le début de 2014, les occidentaux ne s'opposaient plus à l'exportation de pétrole iranien (environ un million de barils par jour). Par ailleurs, les restrictions sur les importations destinées à l'industrie automobile ont été levées. Par ailleurs les négociations avaient achoppé sur le rythme de levée des sanctions, lors de la conclusion d'un accord définitif, l'Iran voyait celle-ci comme devant être immédiate, tandis que les occidentaux souhaitaient une levée progressive en fonction de la bonne application d'un accord à intervenir.

Il y avait également litige sur la durée d'un régime d'inspection renforcée : pour les occidentaux, il paraissait normal d'imposer une mise sous tutelle des infrastructures pendant dix à vingt ans et d'exiger la ratification par l'Iran du protocole additionnel de l'AIEA en la matière qui allait dans le même sens.

Il est vrai qu'une ouverture avait été faite par les États-Unis et la France en admettant une suspension immédiate des sanctions de l'ONU directement liées au programme nucléaire, avec certaines restrictions pour celles restant en place. Il semblait que Téhéran exigeait au moins la levée des sanctions dans le domaine de l'énergie et des finances.

Derrière ces préoccupations, il y a bien sûr une donnée fondamentale qui est le temps nécessaire à la constitution d'un stock de matière fissile en vue de la production d'une bombe : il est nécessaire d'imposer un délai incompressible suffisamment long pour permettre d'éventuelles mesures de riposte. C'est le « Break out Time ». D'où bien sûr une interrogation sur le programme de Recherche et Développement car l'amélioration de l'efficacité des centrifugeuses réduirait ce break out time.

Enfin pourrait se poser le problème de l'éventuelle dimension militaire des activités nucléaires passées. Dans son rapport de 2011, l'AIEA avait exprimé quelque inquiétude à ce sujet. Pour les 5 + 1, il serait vital que l'Iran coopère à une enquête. Mais de son côté ses représentants auraient estimé que cette question était « hors sujet » et ne pouvait être débattue.

Au bout du compte, accord ou pas, le bras de fer risquait de continuer et les raisons d'être sceptique ne manquaient pas, d'autant que l'Iran avait renoncé à expédier l'existant d'uranium enrichi en Russie, envoi pourtant convenu, ce qui remettait à zéro les calculs de délai de fabrication éventuelle dans un objectif militaire. Et certains esprits insistaient sur la nécessité d'une extrême surveillance car l'Iran avait déjà menti dans le passé. Et d'autant que certaines données politiques n'étaient pas encourageantes, telles que la menace de démarches hostiles du Congrès aux USA, les manœuvres du premier ministre israélien, la critique des pays sumites du Golfe, sans compter le risque de « torpillage » interne par le Guide Suprême à Téhéran.

L'accord du 2 avril, même s'il est parfois incertain ou incomplet, représente un succès inespéré après huit jours et huit nuits de négociations acharnées à Lausanne. Il constituera un modèle de succès de la diplomatie multilatérale si, du moins, il n'est pas saboté d'ici le 30 juin, date prévue de sa signature avec inclusion de tous les protocoles techniques prévus. Un expert qualifié en a énuméré les clauses satisfaisantes : il s'agit de Pierre GOLDSCHMIDT qu'un certain nombre d'entre nous ont bien connu quand il travaillait à la société belge SYNATOM et était administrateur d'EURODIF. Il devint ensuite le numéro deux de l'AIEA à Vienne et, de ce fait, aux commandes de l'enquête sur le programme nucléaire iranien initié en 2003 (actuellement chercheur associé à la fondation Carnegie Endowment for International Peace à Washington). Il relève un certain nombre de clauses satisfaisantes :

- Pas de production à un enrichissement supérieur à 3,67 %.
- Pas de stock à ce niveau d'enrichissement de plus de 300 kg.
- Pas de construction de nouvelles structures d'enrichissement, ni de réacteur à eau lourde et transformation de celui d'Arak pour éviter la production de Pu.
- Pas de retraitement de combustibles usés dans le même souci, mais expédition de ceux-ci à l'étranger.
- « Gel » des ateliers de production de composants de centrifugeuses.

Toutefois, M. Goldschmidt, s'il salue cet accord prometteur, rappelle qu'il s'agit plutôt d'un accord de principe et que, de toutes les façons, tout dépendra des droits de vérification qui seront reconnus à l'AIEA. De la même manière, devra être précisé ce qui est attendu de l'AIEA pour que les sanctions soient levées. Il est relevé également quelques « zones grises » :

- Nature des activités de R et D admissibles.
- Eclaircissement de la capacité d'enrichissement autorisée à Natanz au-delà de dix ans.
- Ambiguïté sur l'expression « application provisoire du Protocole additionnel de vérification de l'AIEA, alors que le Département d'État parle d'application permanente !

- Il est dit que l'AIEA aura « un accès renforcé...pour clarifier les questions présentes et passées ». Cela reste bien sûr à préciser.
- Dans un commentaire, le Département d'État argue que « l'Iran sera tenu d'autoriser l'accès de l'AIEA pour enquêter sur tous les sites suspects ou les allégations de sites clandestins d'enrichissement, n'importe où dans le pays ». Et selon notre expert, « sera tenu » ne veut pas dire « a consenti » !
- Quant aux droits robustes d'inspection évoqués pour l'AIEA, il sera nécessaire de préciser certainement en quoi ils consisteront.

M. Goldschmidt pense que, même si en 2006 l'Iran est revenu sur ce qu'il avait admis en 2004, il a tout intérêt à respecter l'accord car le non respect aurait des conséquences négatives connues. Mais il pense, remarque pleine de sagesse, qu'il n'est pas exclu que les dirigeants iraniens gardent en tête l'option de faire du pays un « Etat du seuil » c'est-à-dire capable de produire une arme nucléaire en quelques mois.

Et l'accueil fait dans le monde à cet accord de base a été, on va le voir, nuancé.

## Accueil à l'accord du 2 avril 2015

Côté iranien, les propos du Guide Suprême KHAMENEI ont été perçus comme une douche sur ce qui pouvait être perçu, malgré des réserves de certains observateurs, comme un optimisme ambiant concernant les chances d'un accord final. Il a en effet déclaré que le texte convenu ne garantissait « ni l'accord en lui-même, ni son contenu, ni même que les négociations iront jusqu'au bout ». « Je ne le soutiens pas, mais je ne m'y oppose pas » a-t-il dit. De son côté, le président ROHANI a exigé dans un discours à Téhéran qu'en cas d'accord définitif toutes les sanctions économiques soient levées « dès le premier jour de son application ». Alors qu'on le sait, les 5 + 1 sont formels sur une progressivité liée à la vérification des engagements de Téhéran. Bien sûr Maryam RADJAVI, présidente élue de la Résistance Iranienne, a déclaré qu'une déclaration « avec des généralités, sans signature ni l'approbation officielle de KHAMENEI ne barrera jamais la route à la bombe atomique ni aux tromperies inhérentes à la tyrannie religieuse ». Et Reza PAHLAVI, le fils du dernier Shah, avait parlé avant l'annonce de l'accord de la « naïveté » des USA. La porte parole du Département d'Etat aussi bien que le ministre britannique des affaires étrangères ont insisté bien sûr sur la progressivité de la levée des sanctions liée à la vérification du respect des engagements. En revanche, dès le lendemain de l'accord le ministre des affaires étrangères iranien Mohammad JAVAD ZARIF, présent à l'ONU pour un débat sur l'application du Traité de Non Prolifération, a déclaré s'être entretenu avec John KERRY dans la perspective de la finalisation de l'accord complet fin juin. Ce qui n'empêchait pas une large majorité de députés iraniens de demander à l'équipe de négociateurs de publier sa version des principaux points de cet accord d'étape.

Laurent FABIUS, quant à lui, a rappelé une évidence à savoir que des points importants restaient à régler en vue notamment d'exclure toute dimension militaire, d'adapter les sanctions, la question de leur levée et de leur rétablissement si l'Iran venait à violer ses engagements. Le prince Saoud AL-FAYCAL, son homologue saoudien qu'il rencontrait, a été clair en déclarant « Nous sommes d'accord pour dire qu'un accord définitif doit être clair et ceci pour qu'il n'y ait rien de caché et que le Golfe demeure (une zone) exempte de toute arme de destruction massive ».

Aux USA, le président OBAMA demeure optimiste en déclarant qu'il doit y avoir un moyen d'élaborer un accord définitif satisfaisant pour leur fierté (il s'agit des iraniens) mais « conforme

à nos principaux objectifs pratiques ». Cela étant, les Républicains, tels John Mc Cain, demeurent hostiles à la démarche, tandis que le Pentagone lui-même veut des garanties. Est-il nécessaire de rappeler que, sur le plan pratique, le seul document officiel est un communiqué commun lu le 2 avril par le chef de la diplomatie européenne. Federica MOGHERINI et son homologue iranien Mohammad JAVAD ZARIF. Comble de confusion, le Département d'Etat a publié sa propre version que le président de l'OEA Ali Akbar SALEHI a estimé contenir « la vérité et les mensonges ». Et tandis que les pourparlers internationaux reprenaient à Vienne à la mi-mai, le Congrès mettait en place par voie législative un mécanisme lui permettant, en cas d'accord définitif fin juin, d'en bloquer l'application si les élus le jugeaient mauvais. Même si l'on doit faire la part des postures, il est difficile pour l'observateur extérieur de ne pas constater que le dossier est devenu très complexe, même si l'on peut saluer « un pas vers la paix » comme l'a déclaré le Pape François. Il reste à espérer que ceci ne constitue pas, si l'on ose dire, un vœu pieux ! Il est clair que, si le « problème Iran » a des données complexes, il est affecté à l'évidence par l'incidence des relations internationales diverses qu'il nous faut examiner pour terminer cette revue.

## Les relations Internationales

Certes l'image de l'Iran est apparue quelque peu modifiée avec la fin du mandat du président AHMADINEDJAD et l'arrivée du président ROHANI. Ce dernier avait eu quelques gestes et déclarations qui paraissaient une ouverture aux observateurs attentifs. Mais chacun sait que le pouvoir « final » semble appartenir au Guide Suprême. Il est vrai qu'à propos de la négociation du nucléaire en février dernier la presse s'est faite l'écho d'une « menace » du président ROHANI de recourir à un référendum populaire sur les résultats obtenus dans ce domaine. Mais quand l'accord du 2 avril est arrivé, on a vu le rappel semble-t-il du Guide Suprême. Cela étant, la conjoncture internationale peut paraître modifiée : ainsi nombreux sont ceux qui publiquement déclarent difficile d'apporter la moindre solution au drame syrien sans passer par l'Iran. Lequel aurait conditionné son aide à la signature d'un accord sur le nucléaire.

En outre, l'un des interlocuteurs principaux, à savoir les États-Unis, a semble-t-il changé de physionomie. Le temps n'est plus apparemment où les conseillers du président BUSH suggéraient une intervention militaire. Le vice président Joe BIDEN se contentait après l'accord d'avril de rappeler que l'option militaire demeurait ouverte. Mais ne s'agit-il pas là d'une évidence en quelque sorte dialectique ? Il y a au demeurant une importante novation de la part du président OBAMA lui-même. A ce propos, Michel DERAN, ancien directeur pour le proche Orient dans le Conseil de Sécurité de Georges BUSH, parlait du « grand jeu » d'OBAMA. Celui-ci « rêverait » d'un rapprochement fondamental avec l'Iran analogue à celui qu'avait voulu pratiquer le président NIXON avec la Chine. Et de citer un échange de lettres en 2009 avec le Guide KHAMENEI. Selon le Wall Street Journal d'ailleurs, il s'agirait, pour épargner peut-être Bachar EL ASSAD, de communiquer sur la question de DAESH avec l'Iran. Affirmation à l'appui d'un officier général de haut rang selon le quotidien. Si bien qu'à l'approche de la date supposée butoir de fin mars 2015, certains comme KISSINGER s'inquiétaient d'une négociation qui aurait remplacé l'objectif d'éliminer la capacité de l'Iran à l'arme nucléaire par celui de tolérer et restreindre temporairement cette capacité. Il y a eu il est vrai, sur la longue période, des gestes forts : ainsi en mars 2009 à l'occasion du nouvel an perse, le Président américain s'adresse à l'Iran en parlant de « dialogue entre égaux », et réitère cette attitude lors de la reprise des négociations de mars 2015 en parlant d'un pays qui, dans le respect d'une histoire plurimillénaire, n'a pas besoin de s'encombrer d'aucun hochet

atomique. Nous y voilà !! Et cette vision subtile assurément s'accompagnait d'une reconnaissance des erreurs passées, selon lui, et non des moindres si l'on veut, comme le renversement de MOSSADEGH en 1993, l'aveuglement à l'égard du Shah de 1953 à 1979, le soutien à SADAM HUSSEIN pendant la guerre contre l'Iran de 1980 à 1988. En même temps le Président US s'avérait réaliste, parlant pour l'Iran d'un pays compliqué « partagé » entre une tendance idéologique conservatrice anti occidentale, un « marais » centriste méfiant et une jeunesse éduquée, réformatrice et admirative de l'Occident.

Cela est bel et bon, mais il y a l'impact du programme iranien au Moyen Orient. Cet impact aurait été avancé par la France qui se serait montrée plus intransigeante. Et au moment de la reprise des négociations à Lausanne en Mars, notre ambassadeur à l'ONU a parlé de « progrès insuffisants ». Il est vrai que, par ailleurs, l'Administration Américaine aurait fait quelques « gestes » discrets comme le retour via le Sultanat d'Oman d'un milliard de dollars gelés en Corée du Sud, sans compter, d'après *Le Figaro*, la permission d'augmenter les ventes de pétrole. Et, sur le plan interne d'ailleurs, le président ROHANI aurait « fait un geste pour les redoutables gardiens de la révolution » en les laissant investir massivement via leur holding dénommé KHATAM AL AMBIA.

Il reste que la réaction du « voisinage » serait un problème : à la limite, comme on a abandonné l'exigence d'un démantèlement total, le risque de prolifération demeurera même en cas d'accord. Et en cas d'échec des négociations, on peut craindre une course à l'atome dans la région. – Qu'en serait-il de l'Arabie Saoudite, de l'Egypte, voire de la Turquie ? Pour l'instant la réaction devant la négociation serait différente selon les Etats. L'Arabie Saoudite et les Emirats voient surtout dans l'Iran un concurrent dans le domaine de l'économie, l'Egypte ayant semble-t-il une position plus distanciée. Selon certains, le Qatar aurait une position différente mais, en cas de succès de la négociation, un terrain d'entente pourrait être envisagé pour l'exploitation d'un grand gisement gazier voisin. Mais l'imminence d'un accord sur le nucléaire iranien et la percée au Yémen des miliciens chiites houthistes soutenus par l'Iran ont suscité un début de panique dans le Golfe, notamment en Arabie Saoudite, Au point qu'un ancien diplomate saoudien déclarait que l'Arabie Saoudite était prête à la riposte ! Et le souhait serait que les USA ne signent pas d'accord avec l'Iran tant que Téhéran ne se sera pas engagé à arrêter ses « interférences » dans les pays du Golfe. Exigence qu'il est peu probable que les USA assument ! On ne doit pas oublier Israël dont le premier ministre s'est exprimé au Congrès. Le groupe de pression israélien à Washington, APAC, n'a pas réussi pour l'instant à troubler la scène, ni même un appel à la rescousse de la France supposée sceptique quant à l'accord de Lausanne. Il semblerait même que certaines voix y aient considéré le transfert envisagé de l'uranium iranien à l'étranger comme très positif. Le président américain a quant à lui profité de la réunion récente des Etats Arabes du Golfe pour les rassurer vis-à-vis de l'Iran tout en leur ouvrant les yeux sur les dangers à l'intérieur de leur pays, notamment vis-à-vis d'une jeunesse que l'on dit « politiquement frustrée ». Et toujours pour l'instant, la solution militaire n'est pas retenue en Israël.

Comme on le voit, la situation ne manque pas de nuances. Il faut dire qu'au-delà de la question nucléaire proprement dite, le système des alliances au Moyen Orient risque d'être chamboulé. Et Iran et USA occupent déjà des positions contradictoires, tantôt « alliés » (pour l'Irak et la Syrie), tantôt opposés (au Yémen avec l'opération anti-missiles chiites houthistes lancée par l'Arabie Saoudite et soutenue par Washington). Quant à la Turquie, autre allié régional supposé des USA, elle a une attitude plutôt ambiguë face à l'Etat islamique. En revanche pour certains observateurs, l'attitude israélienne en cas de conclusion d'un accord sur le nucléaire

compliquerait le jeu mais sans le compromettre.... Et certains de songer à l'expérience de KHADAFI ayant renoncé au nucléaire et qui fût « aisément » renversé !

Dans ce paysage il ne faut pas oublier enfin l'un des principaux antagonistes, à savoir les États-Unis eux-mêmes. On relèvera qu'un sondage récent révèle que 67 % des sondés désirent une défense plus énergique d'Israël. Et plus de la moitié des électeurs américains critiqueraient la gestion du dossier Iran par le président OBAMA. On ne s'étonnera donc pas que le Congrès ait adopté le 14 mai une loi créant un droit de regard des élus en cas d'accord nucléaire définitif entre les 5 + 1 et l'Iran cet été. La loi ne se prononce pas certes sur le fond, mais elle met en place un système de blocage de l'application du texte si les élus le jugeaient mauvais. Le Congrès aurait trois options : voter une résolution approuvant la levée des sanctions, voter une résolution bloquant cette levée, ou ne rien faire. En cas de résolution du désaccord, le président aurait douze jours pour mettre son veto, un veto que le Congrès aurait ensuite dix jours pour surmonter par un nouveau vote à la majorité des deux tiers, à la Chambre des Représentants et au Sénat, tous deux dominés par les Républicains, assez réservés comme on le sait à l'égard de l'Iran. Et la loi dont il s'agit a été adoptée à la quasi-unanimité par le Sénat et par 400 voix contre 25 à la Chambre des représentants.

De tout ce qui précède, qu'il soit permis de faire deux remarques :

- Notre affaire ne sera pas forcément terminée à la signature même d'un accord, semble-t-il,
- Il n'est pas forcément facile d'aller, comme le conseillait le Général de Gaulle, vers l'Orient compliqué avec des idées

## Quelques rappels

Dans les débats actuels il est très fréquent de constater des confusions en matière :

**1- Énergie et électricité** : l'électricité ne représente en 2013 dans notre pays que 23 % de l'énergie finale utilisée (contre 44 % pour le pétrole et 20 % pour le gaz). S'il est clair que la meilleure énergie est celle qu'on économise, nos combats contre le CO<sub>2</sub>, ou la pollution ou pour réduire notre déficit commercial ne justifient pas de limiter la consommation d'électricité : en France en effet celle-ci est dé-carbonée à plus de 90 % et les quantités d'uranium nécessaires sont faibles (grâce à un contenu énergétique 10 000 fois plus élevé que les hydrocarbures ou le charbon) et ne génèrent pas de déficit de notre balance commerciale. D'ailleurs, les futurs transferts d'usage (par exemple véhicule électrique), la reprise économique, les perspectives de ré-industrialisation ou l'accroissement de la population mondiale risquent fort d'encourager l'augmentation de la consommation d'électricité.

**2- Énergie produite et de puissance disponible** : le critère le plus pertinent pour comparer les contributions des diverses formes d'énergie électrique (nucléaire, hydraulique, charbon, fuel, gaz, bois, éolien, photovoltaïque, géothermie, biomasse, énergies marines etc.) est la quantité d'énergie\*\* produite sur l'année et non la puissance\* instantanée installée, susceptible d'être mise en œuvre ou pas, selon les besoins (équilibre offre-demande) ou les aléas (météorologiques, nuits, maintenances, pannes). Un équipement de forte puissance ne fonctionnant que peu de temps dans l'année ne fournirait que peu d'énergie ! Il est intéressant de noter par exemple qu'avec moins de 50 % de la puissance électrique installée en France, le nucléaire produit 75 % de l'énergie électrique nationale (c'est bien ces 75 % que notre Président souhaite ramener au-dessous de 50 % de l'énergie produite en 2025).

L'énergie\* produite est donc le produit d'une puissance\*\* instantanée par une durée de production. Pour les différentes technologies la durée par an ou facteur de charge est extrêmement variable. En France les facteurs de charge sont en moyenne de :

- Nucléaire : 75 %
- Eolien : 20 à 25 %
- Photovoltaïque : 10 à 15 % (selon la région)
- Hydraulique : 30 à 40 %
- Thermique (charbon, fuel, gaz...) : 20 %

Attention : rien à voir avec les parts respectives dans la production électrique nationale ; ce ne sont que des taux d'utilisation sur les 8 760 heures annuelles. En d'autres termes, en France, dans l'année, un réacteur nucléaire produit en moyenne 274 jours, une éolienne terrestre 84 jours, une cellule photovoltaïque fonctionne 47 jours (soit environ 3 heures par jour en moyenne sur l'année) et les centrales thermiques classiques 73 jours par an (par choix pour des raisons économiques et de pollution CO<sub>2</sub>).

Par exemple, il faut une puissance éolienne de 4 600 MW (soit 2 300 éoliennes de 2 MW unitaire) pour produire la même quantité d'énergie électrique qu'un seul réacteur de 1 300 MW. On comprend également pourquoi il n'est pas pertinent de dire qu'un champ d'éoliennes alimente un nombre de foyers comme on le dit souvent alors que ce n'est vrai que 20 % du temps !

\* La **puissance installée** s'exprime en W (watt), kW (kilowatt), MW (mégawatt), etc

\*\* La **quantité d'énergie** s'exprime en Wh (wattheure), kWh (kilowattheure soit un kilowatt pendant une heure), MWh (mégawattheure), etc