

# NUCLÉAIRE & ÉNERGIES

Une publication de l'ARSCA

n°68 - Juin 2016



## Dans ce numéro

---

Un point sur EDF

---

L'évolution du secteur énergétique

---

L'actualité des réacteurs

---

L'actualité de l'aval du cycle

---

Le plus grand défaut du nucléaire... ses qualités

---

---

Sûreté nucléaire : comment ne pas en faire trop ?

---

La technologie réduirait la durée de vie ?

---

L'Allemagne s'habille en vert mais c'est un déguisement

---

Quelques rappels

---

# ARSCA

Association d'anciens et de retraités d'AREVA

# NUCLÉAIRE & ÉNERGIES

<b>POINT DE VUE</b>	
Un point sur EDF	Page 3
<b>ÉNERGIE</b>	
L'évolution du secteur énergétique	Page 8
<b>NUCLÉAIRE</b>	
L'actualité des réacteurs	Page 12
L'actualité de l'aval du cycle	Page 18
Le plus grand défaut du nucléaire... ses qualités	Page 24
<b>SÛRETE NUCLÉAIRE</b>	
Sûreté nucléaire : comment ne pas en faire trop	Page 29
<b>NUCLÉAIRE et SOCIÉTÉ</b>	
La technologie réduirait la durée de vie ?	Page 37
<b>LE CAS ALLEMAND</b>	
L'Allemagne s'habille en vert, mais c'est un déguisement	Page 45
<b>QUELQUES RAPPELS</b>	Page 50

Couverture : Le barrage de Roselend, situé en Savoie près d'Albertville et face au Mont Blanc à une altitude de 2800m, a une puissance de 550MW, (bientôt 600MW). Le début de sa mise en eau remonte à 1961 (213 millions de m<sup>3</sup> de retenue). Le barrage est géré par EDF, sous concession.

95% de l'électricité produite par EDF en France est dé-carbonnée (nucléaire + hydraulique).

Qui dit mieux ? La France n'a pas besoin d'énergie éolienne ou photovoltaïque pour produire de l'électricité.

*(photo EDF crédits : Guillaudin Dominique)*

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

Note d'ambiance

Bernard LENAIL

Énergie

Guy DUCROUX

Nucléaire

Claude SEYVE, Jacques SIMONNET et Jean-François DUPONT (Invité)

Sûreté nucléaire

Jean-Luc SALANAVE

Sûreté et Société

François JUSTIN, membre d'ARA (Anciens de SGN)

Le cas allemand

Dominique GRENECHE

La coordination de l'ensemble des rubriques est réalisée par Claude SEYVE, Gérard LEPINE 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@uargq.org](mailto:bureau@uargq.org) Site [www.uargq.org](http://www.uargq.org)**

## UN POINT SUR EDF

Bernard Lenail

Pour qui suit l'actualité, la situation d'EDF apparaît assez préoccupante : sortie du CAC40, dégradation de la note par les grandes agences de notation, bénéfices en berne, nécessité d'augmenter le capital par recours aux actionnaires, tels sont les thèmes récurrents abordés par la presse. Le contexte est effectivement loin d'être porteur :

- Un marché captif (clients au tarif réglementé) de moins en moins large ;
- Un marché libéré de plus en plus large mais où les prix de gros sont très bas et très en dessous des prix de revient de toutes les filières de production (nucléaire en France, gaz en Belgique et en Espagne, hydraulique en Suisse et en Scandinavie par exemple). Les énergies renouvelables doivent leur position enviable, non à leur performance économique, mais au fait qu'elles sont largement subventionnées, qu'elles ont priorité sur le réseau en dépit de leur intermittence et ne supportent pas les surcoûts qu'elles génèrent (réseau ou production quand le vent ne souffle pas ou que le soleil ne brille pas) ;
- Une incertitude sur l'avenir voulue par le gouvernement qui a fait voter une Loi de Transition Energétique impliquant l'arrêt d'une vingtaine de réacteurs entre 2020 et 2025 alors que l'électricité française est dé-carbonée à 95%, la transition étant faite depuis longtemps en matière d'électricité, et alors que les deux réacteurs de Fessenheim ne pourront être arrêtés fin 2016 comme initialement prévu ;
- La poursuite par le gouvernement d'une politique tout à fait incompréhensible de développement des énergies renouvelables, à la fois chères et inutiles pour produire de l'électricité, alors que l'Union Européenne travaille à en freiner le développement, que l'Espagne l'a fait depuis plusieurs années et que l'Allemagne le fait à son tour, que l'Angleterre cherche à relancer les investissements nucléaires et que depuis peu la Suède vient d'alléger les taxes supportées par les électriciens nucléaires et d'autoriser le remplacement d'anciens réacteurs par des nouveaux ;
- La nécessité d'engager un programme d'envergure (grand carénage) afin d'assurer le fonctionnement de son parc de réacteurs au-delà de 40 ans (comme cela se fait aux États-Unis, en Angleterre ou en Suisse par exemple) bien que l'ASN n'ait toujours pas défini les conditions d'une telle prolongation ;
- La volonté du gouvernement de voir EDF participer au renflouement d'AREVA, contribuer au développement des énergies renouvelables et lancer, enfin, le programme des 2 EPR anglais d'Hinkley Point.
- Tout cela sans que le gouvernement cherche à mettre EDF à l'abri des dérèglements du marché de gros de l'électricité auquel il contribue en accroissant la surcapacité de production des renouvelables, sans payer ses dettes (exemple CSPE) en temps et en heure, et sans autoriser les augmentations de tarifs réglementés auxquels EDF peut légitimement prétendre !

**Il n'est guère étonnant que dans un tel contexte EDF soit fragilisé.**

Nous n'évoquerons en détail ci-après que deux points : d'une part le dérèglement du marché européen de l'électricité car cela obère l'avenir d'EDF si rien n'est fait pour le corriger et d'autre part la difficile décision du lancement du programme anglais d'Hinkley Point car cela engage l'avenir même de toute la filière au française comme au plan international.

## LE MARCHÉ EUROPEEN DE L'ÉLECTRICITÉ

Un retour en arrière permet de déceler quelques-unes des causes du dérèglement qui va s'aggravant. Le marché de gros de l'électricité y joue une grande place.

Depuis bientôt 20 ans les chefs d'Etats et de gouvernements européens ont **décidé la libéralisation des marchés** de l'énergie pour réaliser un marché européen global et dérégulé, libre et sans entrave. En 2000, à Lisbonne ils ont affirmé leur volonté « d'accélérer la libéralisation dans des secteurs tels que le gaz et l'électricité » et en 2009, un nouveau paquet énergie est venu encore accentuer les efforts. L'Angleterre a très vite pris la tête du mouvement, avec des résultats plus que contestables, qu'elle s'emploie depuis quelques années à corriger. Puis l'Allemagne suivait le mouvement et brisait le monopole de ses grands électriciens régionaux...La France comme souvent, ne voyant pas bien ce qu'elle gagnerait à casser le monopole d'EDF ou à séparer les fonctions de production et de réseau, la France essayait de gagner du temps : en effet, à l'écart de tout libéralisme, de toute concurrence et grâce au nucléaire et à l'hydraulique, EDF assurait au pays une électricité moins chère que partout en Europe. Depuis quelques années chacun, entreprises puis particuliers, a pu s'approvisionner en électricité chez différents distributeurs s'approvisionnant sur le marché et notamment chez EDF à un tarif fixé par les pouvoirs publics à un niveau insuffisant pour assurer la pérennité du parc de production d'EDF.

En parallèle, l'Europe a fixé des règles pour **soutenir le développement des énergies renouvelables** (règles qui s'avèrent malheureusement contradictoires avec la volonté de libéralisation précitée) :

1) les fournisseurs d'électricité (EDF en France) ont l'obligation d'acheter toute la production d'énergie renouvelable qui est disponible, pendant 10 à 20 ans, à un tarif très rémunérateur fixé par l'administration (un nouveau tarif réglementé pour répondre à la libération de l'électricité, un comble !). EDF est l'acheteur *obligé*, le seul en France avec les quelque 150 Entreprises Locales de Distribution ;

2) les producteurs d'électricité renouvelable (éolienne ou photovoltaïque) ne sont assujettis à aucune contrainte de production (qualité du courant produit, fréquence, garantie de production). Il appartient donc aux fournisseurs en dernier ressort, EDF en France, de garantir la stabilité du réseau mise à mal par les renouvelables et le niveau global de production nécessaire pour équilibrer la demande grâce à des installations lourdes, coûteuses et non subventionnées ;

3) le surcoût des tarifs de soutien est calculé chaque fin d'année par rapport aux prix du marché de gros prévus pour l'année suivante. En France il est remboursé en partie à EDF au moyen d'une surtaxe répercutée sur les consommateurs par le biais d'une CSPE sur les factures d'électricité, sans que ceux-ci s'en rendent bien compte, surtaxe qui grimpe chaque année du fait du développement des énergies renouvelables, la composante *renouvelable* représentant aujourd'hui 75,6% de la CSPE.

L'histoire de la CSPE (Contribution au Service Public de l'Electricité) mériterait à elle seule un long développement. Observons seulement que le système est proprement ubuesque et qu'un changement de l'assiette de la CSPE pour la faire supporter par les énergies finales carbonées ne serait que justice alors qu'aujourd'hui seuls les consommateurs d'électricité dé-carbonée contribuent à l'effort. EDF y gagnerait et les ENGIE, DIRECT ENERGIE et autres distributeurs ne peuvent guère s'opposer à une telle réforme. Un progrès

supplémentaire serait de confier la gestion du système à RTE qui seul gère tous les flux d'électricité.

L'idéal – mais il ne faut pas rêver – serait enfin d'imposer aux fournisseurs d'électricité éolienne et photovoltaïque de faire leur affaire des indispensables soutiens en cas de manque de vent et de soleil.

**Le marché de l'électricité que l'Europe voulait libre et sans entrave est donc en fait complètement faussé par les avantages consentis, sans aucune contrepartie, aux producteurs d'énergie renouvelable : les productions aléatoires et chères bénéficient de subventions et d'une priorité d'emploi sur les productions plus économiques et pilotables comme le nucléaire et l'hydraulique.** La concurrence est donc tout à fait biaisée, le contraire du but poursuivi. Une électricité nucléaire pilotable fournit un service garanti alors que l'éolien ou le photovoltaïque fournissent un service hypothétique : cela ne constitue pas un marché !

Ce non-sens économique n'avait pas de graves inconvénients tant que les productions d'électricité renouvelables restaient faibles en Europe. Ceci n'est plus du tout le cas aujourd'hui. En effet les incitations à développer les renouvelables pour réduire les émissions de gaz à effet de serre ont amené les gouvernements à fixer des objectifs très élevés en termes de production d'énergies renouvelables, accroissement de la production ENR de 350TWh en 10 ans en Europe alors que par ailleurs la demande globale d'électricité n'augmente pas sensiblement depuis quelques années : **d'où une surcapacité installée et une surproduction importante et croissante**, entraînant une **baisse très importante des prix du marché de gros** de l'électricité en Europe au sens large, Scandinavie et Suisse comprises : de 50 à 60 € par MWh, il y a quelques années, le prix se situe aujourd'hui à 26 € par MWh environ. Cette baisse a conduit, notamment en Allemagne, à l'arrêt de grandes centrales à gaz modernes rendues non rentables en raison d'une trop faible utilisation, en France EDF à vendre aux producteurs alternatifs très au-dessous du prix de revient et l'Allemagne à vendre notamment en France des quantités importantes d'électricité renouvelable à des prix subventionnés, parfois négatifs quand les conditions météorologiques étaient propices à la production éolienne et solaire et que ses besoins étaient faibles.

On le voit le désordre du marché est total et ce désordre a en quelque sorte été voulu : les grands électriciens en souffrent, EDF avec deux à trois ans de retard par rapport à ses grands homologues. Les consommateurs sont lésés de plus en plus car, peu à peu, les installations économiques et compétitives sont mises à l'arrêt faute de rentabilité. Les prix de marché de gros ne permettent plus aujourd'hui de justifier aucun investissement nouveau non subventionné (c'est-à-dire non renouvelable).

**Les seuls investissements rentables pour la production d'électricité sont les moyens subventionnés...par les consommateurs présents et futurs ! une situation non viable dans la durée.**

**En prônant simultanément la libéralisation des marchés de l'électricité et le soutien massif et durable aux énergies renouvelables l'Europe a organisé le désordre et les autorités françaises ne font rien pour le limiter.**

Les grands électriciens européens les plus exposés, à l'image d'Engie, E.on ou RWE par exemple, ont sensibilisé l'Allemagne et l'Europe aux dysfonctionnements des marchés qui ne peuvent conduire qu'à une très grave crise. La Commission Européenne a commencé à travailler

sur une révision des règles de soutien aux renouvelables pour les futures installations (sans effet rétroactif alors que c'est dès aujourd'hui que les producteurs souffrent) et étudie les dispositifs réclamés notamment par les gaziers pour éviter la mise à l'arrêt de centrales modernes et performantes (mécanisme de garantie de capacité grâce auquel l'exploitant de ces centrales serait payé pour maintien en service des unités de production de façon à éviter tout black-out dans les cas où les énergies renouvelables – malgré leur très grande surcapacité – seraient indisponibles). Certains, en France, imaginent que plutôt que d'arrêter des réacteurs mieux vaudrait les garder en fonctionnement à faible puissance – ce qui n'est pas économique – pour faire face à toute indisponibilité des sources renouvelables.

Comme souvent, la France se distingue : Ségolène Royal a annoncé la poursuite du système actuel de soutien aux renouvelables avec une accélération des mises en chantier et un nouvel accroissement des surcapacités, sans se préoccuper des coûts et sans analyse coûts/avantages ! Si ces annonces sont suivies d'effet

- EDF doit s'attendre à un accroissement de ses difficultés financières dans les années à venir d'autant que la réforme de la CSPE n'est toujours pas actée et que la remontée du prix de gros de l'électricité n'est pas attendue dans l'immédiat. Gageons que beaucoup chez EDF doivent se dire qu'ils seraient sans doute mieux lotis avec un autre actionnaire que l'Etat qui laisse dépérir un de ses plus beaux fleurons ; et au surplus
- l'économie du pays n'y gagnera rien, le climat non plus du reste, en effet avec une électricité déjà dé-carbonée à 95% (nucléaire et hydraulique) la France ne fera jamais mieux en ajoutant plus de renouvelables dont l'intermittence implique le soutien de sources d'électricité *carbonée* pilotables ou *dé-carbonée* comme le nucléaire dont la réduction est programmée dans la Loi de Transition Energétique.

Aujourd'hui même, alors que débute l'été, la demande d'électricité baisse de façon importante, comme chaque année, tandis que la production d'électricité renouvelable (photovoltaïque notamment) s'accroît dans de très grandes proportions, le marché va se trouver en situation très sur-capacitaire : d'où un recours réduit au nucléaire dans un contexte de prix de gros très bas. Par ailleurs la très grande variabilité en l'espace de quelques heures, plusieurs fois par jour, de l'énergie solaire produite va exiger que la production nucléaire vienne compenser, sans préavis, les différentes fluctuations de l'offre verte : d'où une sollicitation très anormale des réacteurs, appelés à fonctionner en dehors de leur régime nominal et de leur optimum économique à seule fin de permettre le fonctionnement débridé et intermittent du photovoltaïque, notamment allemand. **Une aberration !**

**Il fut un temps où la France et les français se flattaient d'être cartésiens,  
c'était il y a bien longtemps et Descartes malheureusement est mort depuis  
longtemps.**

## **L'INDISPENSABLE PROGRAMME DE DEUX EPR A HINKLEY POINT**

Voilà des mois qu'EDF reporte la décision officielle de lancer le projet de deux EPR en Angleterre et évidemment ces hésitations entraînent le doute au sein même d'EDF, impatience et nervosité ailleurs.

Il s'agit d'un investissement pour la seule part EDF de 16 (18 Mds € avec les aléas) mais un peu moins en fait compte tenu que depuis une dizaine d'années les équipes d'EDF et de tous ses sous-traitants (AREVA et industriels) sont à l'œuvre. Il s'agit de lancer les 5<sup>ème</sup> et 6<sup>ème</sup> EPR alors

que quatre autres – n'ont certes pas encore démarré – mais sont en cours d'achèvement sous deux ans environ. Il s'agit bien sûr de maîtriser coûts et délais mais l'enjeu semble accessible compte tenu de l'expérience accumulée et du fait que l'EPR est déjà licencié en Angleterre. Enfin rappelons que les garanties sur le long terme apportées par le gouvernement anglais quant au prix de l'électricité vendue sont de nature à assurer une bonne rentabilité du projet.

### **Donc un contrat profitable, encore faut-il se décider !**

Le principal obstacle est aujourd'hui l'intersyndicale *FO, CGT et CFE-CGC* d'EDF qui semble plus inquiète de la préservation des avantages des agents au cas où la commande serait passée que des effets du dérèglement du marché évoqué précédemment, alors que ce dernier présente un risque beaucoup plus sérieux pour EDF. Les syndicats souhaitent réorienter le projet en faveur du successeur de l'EPR actuel considérant que celui-ci sera disponible d'ici 2 ou 3 ans. Dans le contexte actuel de réorganisation en cours au sein des ingénieries et de la surcharge de l'ASN...qui peut croire une telle gageure...certainement pas le gouvernement anglais qui a déjà beaucoup attendu et dont la stratégie de relance du nucléaire est à la merci de la décision française, malgré les engagements répétés du gouvernement français.

### **Quel est donc le choix ?**

**Y aller ?** Tout est prêt pour le faire.

- Le monde nucléaire verra qu'EDF, et derrière elle le gouvernement français, AREVA, les partenaires chinois, a confiance dans son expertise, dans son produit et dans le marché qui s'ouvre ;
- Ce sera un atout pour la renaissance du nucléaire français à terme (la survie à court terme dans différents secteurs) après les récents déboires ;
- C'est l'espoir pour *l'équipe de France* de continuer à compter dans le monde.

**Ne pas y aller ?** C'est se faire hara-kiri et accepter le discrédit, le déclin avant la mort lente.

- L'industrie française avoue sa faiblesse, reconnaît ses doutes sur son expertise et son produit et accepte sa perte d'image aux yeux de ses partenaires chinois ;
- L'ambition internationale de *l'équipe de France* tombe irrémédiablement à l'eau, entraînant peut-être (sans doute) dans sa chute celle de l'EPR Nouveau Modèle pourtant plus facile, plus rapide et moins cher à construire ;
- Quand il faudra commencer à remplacer le parc actuel, la France n'aura plus que le choix entre la technologie russe ou chinoise.

**A une époque où le nucléaire reprend des couleurs dans de nombreux pays à travers le monde et après une COP21 extrêmement encourageante pour le développement nucléaire espérons qu'EDF pourra faire le bon choix, et vite. Espérons que le désastre du *Bréxit* ne sera pas un facteur complémentaire venant contrarier la décision d'EDF, certes l'évolution des taux de change sur le long terme risque de peser sur la rentabilité du projet mais les besoins anglais en électricité sont bien réels.**

Le lecteur désireux d'approfondir cette question pourra consulter la Lettre Géopolitique de l'Electricité n°63 de mai 2016 intitulée Le Nucléaire Français Hinkley Point : la dernière chance, à l'adresse suivante : <http://www.geopolitique-electricite.fr/documents/ene-181.pdf>

## L'EVOLUTION DU SECTEUR ENERGETIQUE

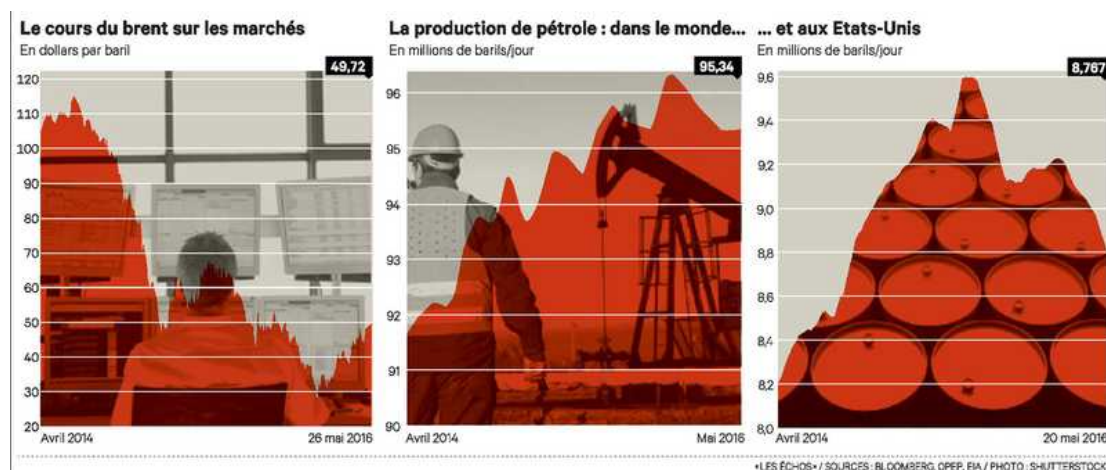
Guy Ducroux

Le secteur de l'énergie traverse aujourd'hui une crise mondiale qui déstabilise les grands énergéticiens des pays industrialisés. Plusieurs facteurs sont à l'origine de ces bouleversements : les choix politiques de développement des énergies renouvelables et notamment en Europe, la surproduction pétrolière qui a conduit à la chute du prix du pétrole et l'ensemble des politiques de transition énergétique résultant des accords de la COP21. Les grands énergéticiens vont devoir se repositionner face à cette mutation brutale qui les place dans une situation difficile. Aux Etats-Unis, la révolution des gaz de schiste a fait chuter les prix du gaz, le rendant plus compétitif que le charbon dont l'industrie est en faillite. L'Europe se voulant être l'élève modèle du développement des renouvelables a complètement déstabilisé le marché de l'énergie. En France Total a l'ambition d'être un acteur des énergies renouvelables, Engie (ex GdF-Suez) engage une révolution stratégique en se recentrant sur les énergies renouvelables et les services. Quant aux pays du Golfe, ils se penchent sérieusement sur l'acquisition de réacteurs nucléaires à l'instar des Emirats Arabes Unis.

### LE PETROLE : LES COURS REPASSENT LA BARRE DES 50 DOLLARS

Durant les chocs pétroliers, on constate que le prix du pétrole varie en fonction de la loi de l'offre et de la demande, ce qui est le cas en ce moment, comme nous le rappelle **Jean-Marc Jancovici**, expert en énergie et en climat, mais il n'y a pas d'élasticité prix/volume\* en dehors de ces périodes de crises « *Les prix chutent quelques années puis évoluent sans qu'il n'y ait de rapport entre le niveau de la production et le prix du baril. On a vu le prix du baril passer de 40 à 150 \$ sans qu'aucune justification de baisse de production ne se soit passée !!!* » Cela étant dit, la demande de pétrole reste corrélée à la croissance et l'AIE (Agence Internationale de l'Energie) table sur une hausse de la demande de 1,2 million de barils/jour cette année, soit 600.000 de moins qu'en 2015. La remontée du prix trouve sans doute son explication dans les interruptions de production importantes qui ont réduit l'excédent observé : des sabotages et un accident au Nigéria, des incendies violents au Canada, mais aussi des conflits en Lybie ou des difficultés au Venezuela, liées aux coupures de courant ou aux impayés aux sociétés de service pétrolières. Ces interruptions montées régulièrement de 2,2 Mb/j (Millions de barils /jour) en Janvier 2016 à 2,8 Mb/j en avril au niveau mondial ont été portées à 3,7 Mb/j en mai.

\* L'**élasticité** mesure la variation d'une grandeur provoquée par la variation d'une autre grandeur.

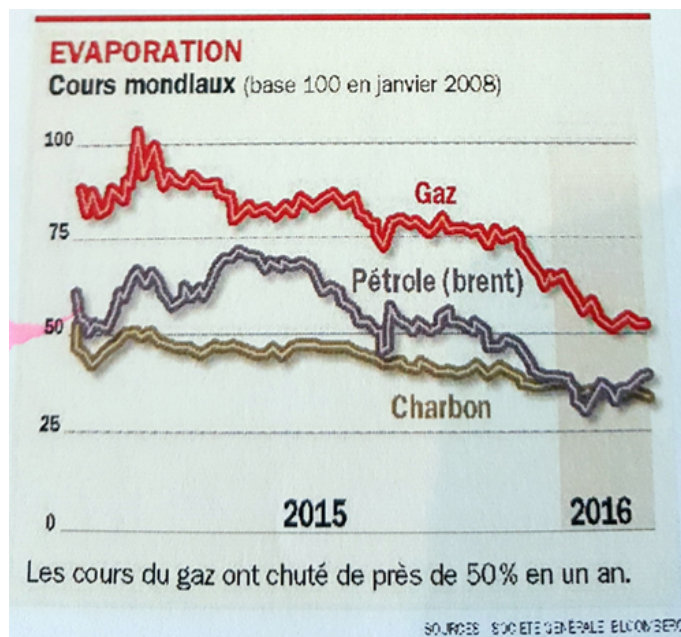


La remontée du prix du pétrole devrait favoriser la production américaine qui a montré une baisse de la production selon le Département de l'Énergie américain (DOE) pour la onzième semaine d'affilée à 8,77 Mb/j après avoir culminé à 9,6 Mb/j. Selon les experts du secteur, la demande reste inférieure à l'offre, supérieure d'environ 2 Mb/j. Peu d'experts se hasardent à pronostiquer l'avenir du secteur pétrolier à moyen terme. De leurs côtés, les patrons des compagnies pétrolières s'inquiètent que les investissements pétroliers ont été réduits de 20% en 2015 par rapport à 2014, c'est la plus forte baisse dans l'histoire du pétrole et ils anticipent une baisse de 16% en 2016, du jamais vu !

Quant à l'OPEP, compte tenu de la remontée des prix à 50 \$/baril, il ne fallait pas s'attendre, lors de la réunion du 2 juin 2016 à ce que les participants s'entendent sur un gel de la production, pas plus qu'ils ne l'avaient fait en avril dernier.

### QUANT A L'AVENIR DU GAZ...

En 2013, l'AIE avait parlé d'un « âge d'or du gaz », énergie qui émet deux fois moins de CO<sup>2</sup> que le charbon et 30% de moins que le pétrole. Aujourd'hui, son avenir est moins brillant. C'était sans compter la chute du prix du pétrole auquel le prix du gaz est rattaché. Il suffit de s'en convaincre avec les cours mondiaux du gaz depuis deux ans. La taxe carbone à la hauteur de celle établie par le Royaume-Uni soit 22,50 € mettrait probablement hors-jeu le charbon. C'est encore le grand espoir des industriels du secteur.



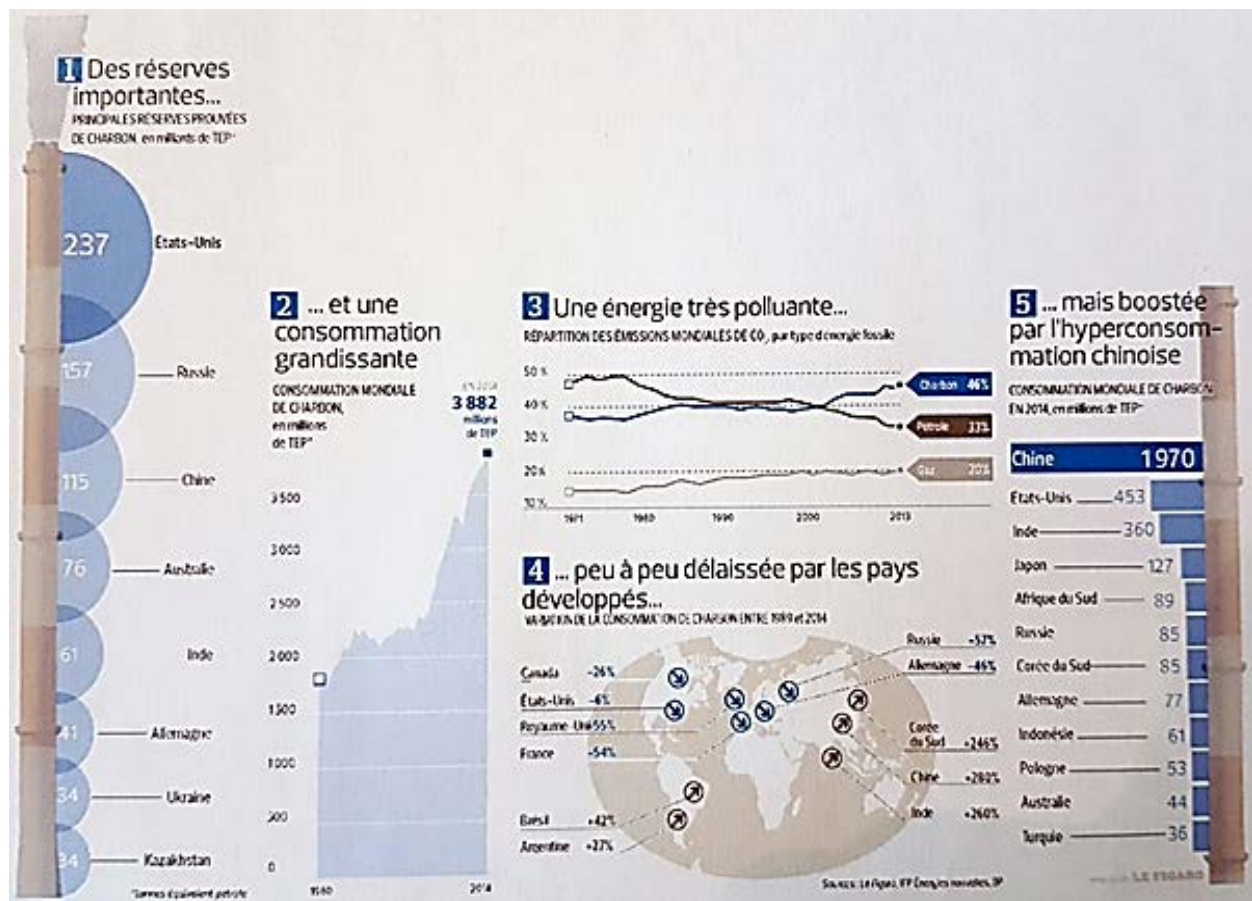
L'AIE annonçait que le marché du gaz allait croître de 44% au cours des vingt-cinq prochaines années. Fort de ces belles perspectives, les industriels du secteur ont développé de nouvelles centrales, les pétroliers ont lancé de vastes programmes d'exploration-production et créé des terminaux de regazéification comme celui de Dunkerque, opéré par Total et EDF qui sera inauguré en mai 2016. On connaît la suite en Europe, le gaz coincé entre l'éolien et le photovoltaïque – énergie prioritaire sur le réseau – et le charbon très bon marché, fait face à un effet de ciseau. Les industriels ont été contraints de fermer ou mettre sous cocon une cinquantaine de gigawatts de capacités gazières.

### ... ET DU CHARBON.

Le charbon, responsable de 60% de la hausse des émissions de gaz à effet de serre, commence à être abandonné par les pays européens qui misent en partie sur le renouvelable. Engie a ainsi annoncé l'année dernière qu'il renonçait à tout nouveau projet dans le charbon aux Etats-Unis, alors qu'ils possèdent les réserves de charbon les plus importantes du monde, le crépuscule du charbon américain a sonné pour trois raisons. La première est due à l'essor des gaz de schiste qui a eu un effet mécanique sur la production américaine, qui a commencé à décroître à partir de 2008. Le charbon est devenu trop cher à extraire, trop coûteux à transporter. La deuxième est que les producteurs ont trop tardé à prendre la mesure du bouleversement en cours et de

plus se sont endettés à l'excès, aveuglés par l'explosion de la sidérurgie chinoise. A titre d'exemple, Peabody, un des premiers acteurs américains a acquis au prix fort l'australien Macarthur Coal. Aujourd'hui les deux plus gros du secteur, Peabody et Archcoal se sont placés cette année sous le régime de la loi sur les faillites (chapitre 11). Le durcissement des réglementations fédérales sur les émissions de gaz à effet de serre constitue la troisième raison. Les centrales à charbon devront réduire de 30% leurs émissions d'ici 2030. Le charbon reste, tout de même, le deuxième combustible fossile dans la production d'électricité aux Etats-Unis.

Mais peut-on réellement se passer du charbon ? Les pays en voie de développement ne sont pas prêts de s'en détourner. Avec encore une part de 30%, le charbon est aujourd'hui la deuxième source d'énergie primaire utilisée dans le monde derrière le pétrole mais devant le gaz. La position de force du charbon s'explique largement par sa compétitivité dans la production d'électricité. Le mégawattheure (MWh) charbon coûte moins de 60 euros, contre 70 pour le gaz, 80 pour le solaire et l'éolien terrestre, et plus de 100 euros pour le nucléaire intégrant les dispositifs post-Fukushima. Quant à l'éolien offshore il dépasse les 200 euros le MWh. Le charbon est une énergie abondante puisqu'au rythme d'exploitation actuel moins d'un quart des réserves de la planète seront épuisées avant 2030. Il restera plus de 900 milliards de tonnes dans le sous-sol soit plus d'un siècle de consommation mondiale

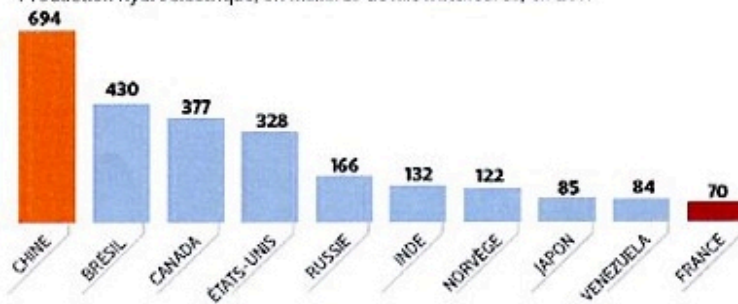


## L'HYDROELECTRICITE, UNE ENERGIE RENOUEVELABLE ET ABONDANTE

L'hydroélectricité offre l'avantage d'être stockable sous forme d'eau dans les lacs et les réserves de barrage. En France, elle assure 15% de la production électrique et près de 16% de la production mondiale. Elle reste, bien sûr, soumise aux aléas climatiques, mais c'est aussi un moyen de régulation, les centrales hydrauliques sont essentielles à la sûreté du système électrique de par leurs performances spécifiques : la rapidité de couplage et la capacité à monter rapidement en charge. Les investissements dépendent de manière significative de l'environnement, du pays, des coûts locaux... A titre d'exemple, le barrage des trois gorges en Chine, d'une puissance installée de 22500 MW, soit l'équivalent de vingt-cinq réacteurs nucléaires de 900 MW, produisait 84,7 TWh. Officiellement le coût de la construction serait de 25 milliards de dollars, soit 23 milliards d'euros (2006). Quant aux coûts de production, ils sont faibles mais difficile de s'en faire une idée car les opérateurs ne les détaillent pas. Ils s'accordent néanmoins à reconnaître qu'avec des prix de l'électricité à 25 et 30 € le MWh sur les marchés de gros, les sites français sont difficilement rentables. L'ouverture à la concurrence demandée par Bruxelles va conduire EDF et Engie à remettre en jeu respectivement près de 80% et 20% des installations.

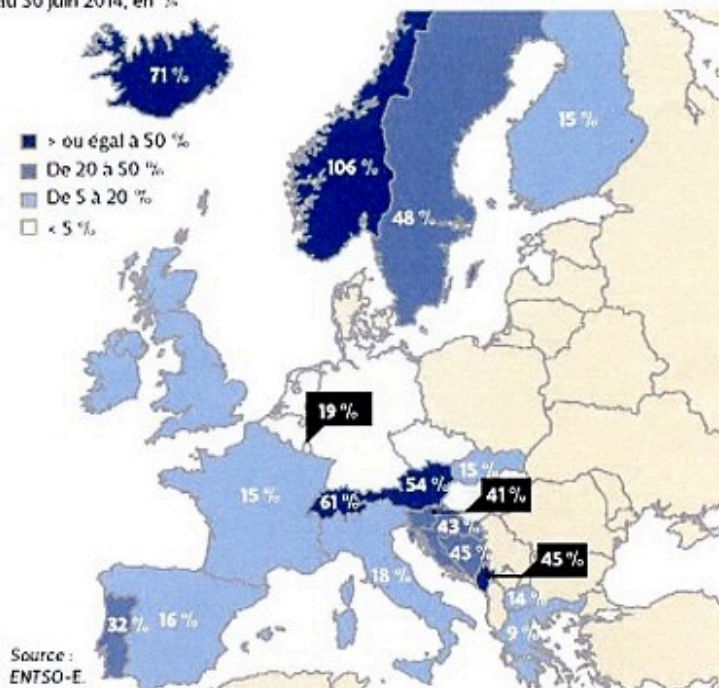
### LA CHINE DOMINE LA PRODUCTION MONDIALE

Production hydroélectrique, en milliards de kilowattheures, en 2011



### L'HYDROÉLECTRICITÉ, 15 % DU MIX ÉNERGETIQUE FRANÇAIS

Taux de couverture de la consommation par la production hydroélectrique, au 30 juin 2014, en %



L'hydroélectricité est un véhicule pour croître à l'international en particulier dans les pays émergents. Sur les 28,3 GW (gigawatt) de puissance installée d'EDF dans le monde en électricité verte, l'hydraulique représente 21,3 GW dont 20,4 en France soit 463 centrales. EDF est entré au Brésil en 2014 à hauteur de 51% au sein du consortium chargé de la construction et exploitation sur trente ans du barrage à Sinop dans l'Etat amazonien du Mato Grosso, un site de 400MW qui doit entrer en service en 2018. EDF (via une filiale détenue à 40%) exploite aussi depuis 2010 le complexe de Nan Theun 2 au Laos dont la particularité est de vendre 90% de son électricité à la Thaïlande.

Engie n'est pas en reste de son côté, puisque l'entreprise totalise au Brésil 10,5 GW. Elle détient 40% du consortium qui construit le complexe de Jirau, dans l'ouest du Brésil, usine hydroélectrique d'une capacité de 3,7 GW. Une première tranche de 2,5 GW fonctionne depuis juillet dernier. Engie est présent au Pérou, au Chili et au Laos. Engie a quelques développements en Afrique subsaharienne pour des petites et moyennes d'environ 10 à 100 MW.

[Retour au sommaire](#)

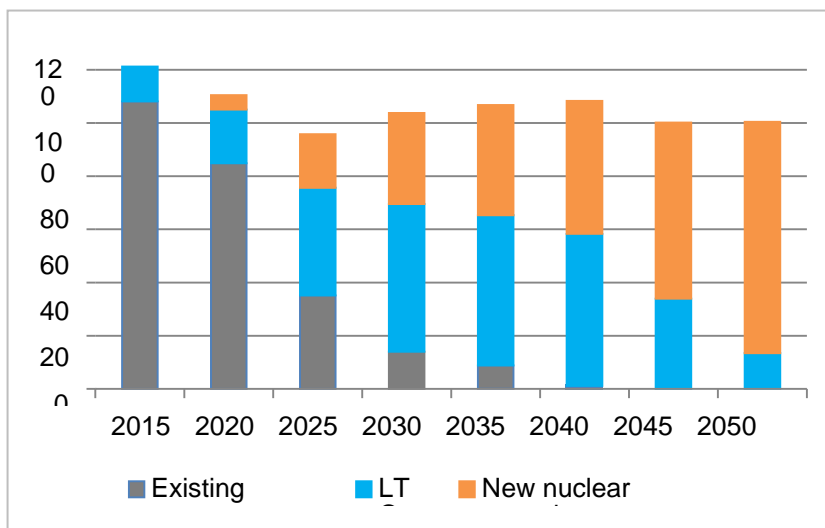
## L'ACTUALITÉ DES RÉACTEURS

Claude Seyve

### LA COMMISSION EUROPEENNE A ACTUALISÉ SON « PINC »

La rédaction périodique d'un programme indicatif nucléaire est prévue par le traité d'Euratom. Le résultat de cette nouvelle livraison est totalement décevant et traduit bien l'incapacité de l'Europe à élaborer une politique énergétique pourtant indispensable. La Commission se contente d'additionner les déclarations de chaque Etat Membre, en rappelant que chacun peut « décider librement de son mix énergétique ». Ainsi prévoit-elle, une baisse de la puissance installée d'ici à 2025 (près de 50 réacteurs pourraient être arrêtés sur les 129 qui actuellement représentent une puissance de 120 GW). La mise en service d'une nouvelle génération conduirait à une puissance installée totale de l'ordre de 100 GW en 2050. Elle estime à 50 milliards d'euros les investissements nécessaires à l'augmentation de la durée de vie des réacteurs et à 350 à 450 milliards d'euros d'ici 2050 ceux consacrés à la nouvelle génération. A comparer au total des investissements prévus pour l'approvisionnement énergétique de l'Europe, de l'ordre de 4000 milliards d'euros...

Figure 1 - Total EU nuclear capacity (GWe)



Foratom a réagi en qualifiant ce rapport d'« instantané sans vision à long terme » et considère que l'on serait en droit d'attendre de la Commission des propositions concrètes qui permettraient de faciliter les investissements dans les énergies nucléaires et les autres technologies pauvres en carbone.

### PAS D'ARRÊT ANTICIPÉ DES CENTRALES EN SUISSE

Le Conseil des Etats, après le Conseil National, s'est prononcé par 30 voix contre 12 contre l'initiative populaire des verts proposant une interdiction absolue de l'utilisation de l'énergie nucléaire et un arrêt anticipé des réacteurs. Il est en particulier souligné qu'il faut éviter que les énergies fossiles prennent la place de l'énergie nucléaire et donc se donner le temps nécessaire à la mise en œuvre d'un « approvisionnement en énergie durable ». Rappelons que la Suisse est, avec la Suède et la France, un des pays vertueux en termes d'émission de CO<sub>2</sub> du fait de son mix nucléaire-hydraulique.

## LES SUÉDOIS, UN MODÈLE ?

Justement, la Suède semble donner l'exemple : Au moment où nous écrivons ces lignes, nous apprenons que les politiques suédois viennent d'arriver à un consensus : Il n'est plus question d'arrêter des réacteurs, et la taxe qui pénalisait la production d'électricité nucléaire est abolie. Les dix réacteurs en service pourront continuer à fonctionner jusqu'à l'atteinte de l'objectif « 100% renouvelables » visé pour 2040, ils pourront être remplacés sur les mêmes sites dans la limite d'un total de 10 nouveaux réacteurs. Il est précisé enfin que l'objectif 100% renouvelables en 2040 ne signifie pas que les réacteurs devront être fermés à cette date. Bel exemple de réalisme pour un pays qui avait décidé dès 1980 par référendum d'arrêter tous ses réacteurs avant 2010 ! L'accord a été signé par l'ensemble des partis, au pouvoir et dans l'opposition, y compris les verts.

## EN GRANDE BRETAGNE, HINKLEY POINT EST A LA CROISEE DES CHEMINS

Ce projet de construction de deux réacteurs EPR par un consortium EDF (2/3) et le chinois CGR (1/3), basée sur l'expérience alors acquise à Flamanville et Taishan, est stratégique pour l'avenir de la filière. Tous les feux sont au vert du côté des gouvernements britanniques et français ainsi que de la Commission Européenne. La décision est à prendre dans les prochains mois, elle tombe à un moment difficile où EDF doit faire face à une dégradation à court terme de sa situation financière, liée à un marché de l'électricité artificiellement en faillite sur l'ensemble européen, ainsi qu'à la reprise d'une partie des actifs d'Areva. La Direction d'EDF est, convaincue de l'intérêt du projet et est soutenue par le Ministre de l'Economie, mais elle fait face à une certaine contestation interne. Donc croisons les doigts !

Dans le même temps, le gouvernement britannique lance une réflexion sur les petits réacteurs modulaires (SMR) en liaison avec l'industrie. Nuscale et Westinghouse sont déjà sur les rangs, Plus récemment, Areva/TA, le CEA et EDF Energy ont constitué un consortium ad hoc.

EDF Energy a annoncé par ailleurs un prolongement de 5 ans de la vie des réacteurs AGR : ce qui conduit au programme d'arrêt suivant : 6 tranches en 2023, 4 tranches en 2024, 4 tranches en 2030. Ne resterait plus que Sizewell B au-delà de 2030. On comprend mieux l'urgence pour les britanniques et EDF du lancement du programme Hinkley Point.



Saluons enfin le dernier réacteur Magnox qui a été arrêté définitivement sur le site de Wylfa, après 44 ans de service.

## FESSENHEIM : L'ACCIDENT CACHÉ QUI N'EN ETAIT PAS UN

La ville de Cologne, suivie par Aix la Chapelle, mène après Genève des actions en justice contre les centrales françaises proches de la frontière allemande en exigeant leur arrêt immédiat. Histoire d'en rajouter, la chaîne Westdeutsche Rundfunk annonçait « Atom-Unfall offenbar vertuscht » (Dissimulation d'un accident nucléaire)

<https://www.tagesschau.de/inland/akw-117.html> .

L'ASN a aussitôt réagi, il s'agissait d'un simple incident de niveau 1 pour lequel toute la procédure a été respectée et les informations communiquées y compris à la commission franco-allemande sur la sûreté des réacteurs. Dans la foulée, la ministre allemande de l'environnement a réitéré sa demande de fermeture immédiate de Fessenheim. Devant une réaction officielle plutôt molle face à une ingérence inadmissible et totalement infondée, l'Association Sauvons le Climat a pris l'initiative d'une pétition demandant l'arrêt des centrales thermiques allemandes autrement dangereuse pour notre santé. A ce jour elle a recueilli 10 000 signatures

<http://www.mesopinions.com/petition/nature-environnement/sortons-charbon/19802>

## OÙ L'ON REPARLE DE TCHERNOBYL

Trentième anniversaire oblige, le mois d'avril a vu son cortège d'articles plus ou moins sensationnels et en particulier de reportages sur la zone d'exclusion. La faune s'y porte et prolifère à merveille, merci pour elle, l'absence de pesticides y serait-elle pour quelque chose ?

Plus sérieusement, l'Institut National de Veille Sanitaire a saisi l'occasion de cet anniversaire pour publier une mise au point sur les retombées de Tchernobyl en France et l'absence de corrélation avec l'incidence de cancers de la thyroïde. Comment se fait-il que la presse se soit faite aussi discrète sur cette mise au point ?

<http://www.invs.sante.fr/Actualites/Actualites/26-avril-2016-30-ans-de-Tchernobyl>

## LA POLOGNE RETIENT DEUX SITES :

Les études pour l'implantation des centrales se focalisent sur deux sites : Lubiatowo-Kopalino et Zarnovicię, en Poméranie. La concurrence sera rude : Areva, GE Hitachi, SNC Lavelin et Westinghouse sont sur les rangs.

## EN EUROPE DE L'EST, LA PROLONGATION DE LA VIE DES REACTEURS EST A L'ORDRE DU JOUR

En république Tchèque, Dukovany 1 (VVER 440) vient de voir son autorisation d'exploitation prolongée pour une durée indéterminée, les 3 autres réacteurs du site devraient suivre.

En Bulgarie les travaux préparatoires sont en cours pour obtenir les autorisations de poursuite d'exploitation de Kozloduy 5 et 6 (VVER1000) au-delà de 2017 et 2018.

Le réacteur croato-slovène de Krsko (Westinghouse 658 MW) voit sa durée de vie prolongée jusqu'en 2043 soit 60 ans, sous réserve de contrôles décennaux satisfaisants en 2023 et 2033.

## LES RUSSES S'INTERESSENT A L'ALGERIE

Dans le cadre de sa politique d'expansion tous azimuts, Rosatom a signé avec la Comena algérienne une déclaration d'intention concernant une coopération très générale en matière nucléaire, dont la construction de centrales de conception russes. Jusqu'à ce jour, l'Algérie s'était appuyée sur l'Argentine puis la Chine.

## L'AVENIR DE LA FILIERE COREENNE APR-1400 SE JOUE AUX EMIRATS ET EN COREE

Aux Emirats Arabes Unis, la construction des 4 réacteurs coréens de Barakah semble se poursuivre normalement. Barakah 1 en est aux tests à froid et est achevé à 84% d'après Emirates Nuclear Energy Corp. La mise en service des 4 réacteurs est toujours annoncée entre 2017 et 2020.

En Corée, Shin Kori 3 a été connecté au réseau avec un retard de deux ans sur le calendrier initial, suite à la découverte de câblages défectueux et de manquements graves dans le contrôle qualité. Trois autres APR 1400 sont en construction et 4 en projet.



Shin Kori, photo KHNP

## TANDIS QUE L'ARABIE SAOUDITE S'INTERESSE A L'HTR

L'Arabie Saoudite a signé une déclaration d'intention relative à la construction d'un réacteur HTR à l'occasion de la visite dans le pays du Président Chinois Xi Jinping.

## AU BANGLADESH, ATOMSTROIEXPORT ET LE BAEC ONT SIGNE LEUR ACCORD PORTANT SUR LA CONSTRUCTION DE DEUX REACTEURS DE 1200 MW A ROOPUR,

La mise en service est prévue pour 2022 et 2023. On parle de 12,6 milliards de dollars avec un financement russe à 90 %. La région de Calcutta pourrait s'intéresser au projet.

## **EN INDE, LE PROJET EPR PROGRESSE**

A l'occasion de sa visite en Inde en janvier, François Hollande a convenu avec le premier ministre indien Narendra Modi d'intensifier les discussions en vue de la construction de tranches EPR sur le site de Jaitapur. EDF et NPCIL ont paraphé une déclaration d'intention, faisant suite à celle signée entre Areva et NPCIL en 2009.

## **TANDIS QUE LES MISES EN SERVICE DE REACTEURS S'ENCHAINENT EN CHINE, LE PAYS POURSUIT SON PROGRAMME DE DEVELOPPEMENT**

La première cuve du réacteur à haute température HTR-PM a été mise en place. Ce réacteur de démonstration est en construction dans la baie de Sidao (Shandong). Il s'agit d'un réacteur à boulets utilisant de l'uranium enrichi à 8.9%, chaque tranche comprenant deux modules de 250 MW thermiques chacun.

CNNC annonce de son côté avoir achevé la conception d'une centrale nucléaire flottante équipée d'un réacteur ACP 100S. La construction d'une unité de démonstrations pourrait être lancée dès fin 2016 pour une mise en service en 2019

## **LA JOINT-VENTURE HUALONG INTERNATIONAL EST OPERATIONNELLE**

Cette joint-venture à laquelle participent à part égales CGN et CNNC vise l'exportation de Hualong One. Ce réacteur est une synthèse de l'ACP 1000 de CNNC et de l'ACPR 1000 de CGN. Trois réacteurs de ce type sont en construction en Chine. Parmi les cibles à l'exportation se trouve la Grande Bretagne. EDF est engagée à assister CGN (son partenaire dans Hinkley Point) pour la certification de ce type de réacteur auprès des autorités britanniques.

## **AU JAPON, LE REDEMARRAGE DES REACTEURS QUI ONT PASSE AVEC SUCCES LEURS EXAMENS DE SURETE EST RETARDE PAR DES ACTIONS EN JUSTICE.**

Actuellement seuls Sendai 1 et 2 fonctionnent. La Haute Cour de Fukushima a confirmé les jugements antérieurs autorisant le redémarrage de ces réacteurs.

La situation est plus préoccupante pour Takahama 3 et 4, Ces deux réacteurs ont démarré en début d'année avec 8 assemblages Mox pour Takahama 3, et 4 pour Takahama 4. La cour de district d'Otsu a accédé à la demande de 29 habitants d'interdire l'exploitation de ces réacteurs avec effet immédiat. La présence de Mox dans les réacteurs n'est nullement en cause mais plutôt un défaut d'information de la part de Kansai. Il faut dire que Takahama 4 avait été l'objet d'un arrêt automatique peu après son redémarrage en raison d'un message d'erreur sur la partie non nucléaire. Kansai a bien sûr fait appel - sans ce succès à ce jour – et a décidé en signe de bonne volonté de décharger le cœur des deux réacteurs en août, mais ne baisse pas les bras pour autant : un nouvel appel a été déposé. Kansai EPCo vient par ailleurs de confirmer une nouvelle commande de 16 assemblages Mox à Areva et maintient son intention de redémarrer Takahama 1 et 2 qui viennent de passer avec succès l'évaluation de sûreté. Le 20 juin NRA (l'autorité japonaise) délivrait son autorisation étendant la licence des deux réacteurs au-delà de 40 ans pour 20 années supplémentaires. Kansai va maintenant pouvoir lancer les améliorations convenues avec NRA mais n'espère pas redémarrer les deux réacteurs avant octobre 2009.

Le prochain réacteur sur la liste est Ikata3 de Shikoku qui devrait redémarrer en août.

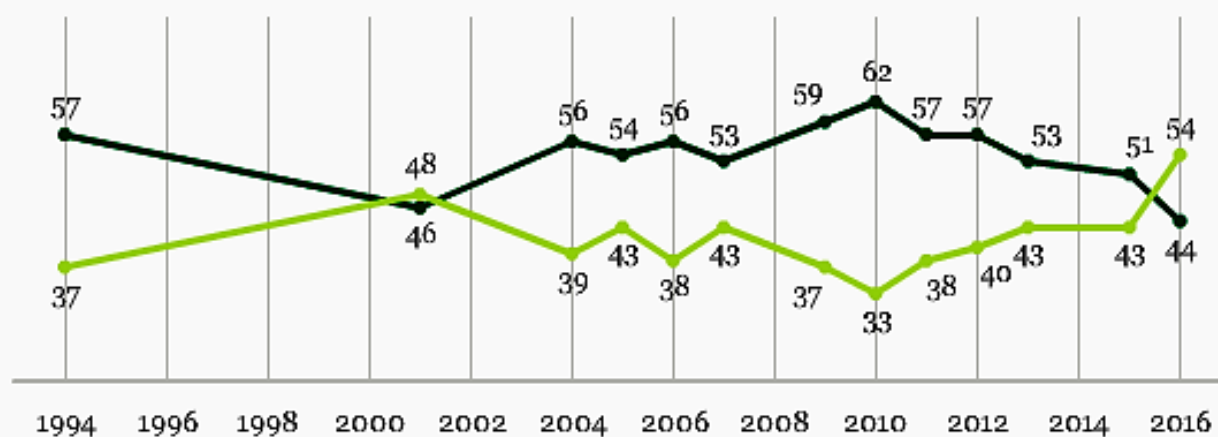
## LE NUCLEAIRE PERD SA COTE AUX ETATS-UNIS

Le dernier sondage de Gallup témoigne de la baisse d'intérêt des américains vis-à-vis du nucléaire. Pour Gallup, ce n'est pas tant la crainte du nucléaire qui est en cause que le prix bas de l'énergie et le sentiment d'abondance des différentes sources.

### *Majority of Americans Now Say They Oppose Nuclear Energy*

Overall, do you strongly favor, somewhat favor, somewhat oppose or strongly oppose the use of nuclear energy as one of the ways to provide electricity for the U.S.?

■ Total % favor    ■ Total % oppose



Note: Surveys in 2001-2009 and 2012 asked this question of a half sample

GALLUP®

<http://www.gallup.com/poll/190064/first-time-majority-oppose-nuclear-energy.aspx>

Retour au sommaire

## L'ACTUALITÉ DE L'AVAL DU CYCLE

Jacques Simonnet

L'actualité de l'aval du cycle étant chargée ce semestre, seule une synthèse en est présentée ici. Les lecteurs intéressés par les détails pourront les consulter sur le site de l'UARGA :

[http://www.uarga.org/downloads/Documentation/Synthese\\_aval\\_Cycle\\_1sem\\_2016.pdf](http://www.uarga.org/downloads/Documentation/Synthese_aval_Cycle_1sem_2016.pdf)

### LE STOCKAGE DE DÉCHETS FRANÇAIS CIGÉO

Le Sénat a adopté en mai, à la quasi-unanimité (seuls 10 écologistes se sont opposés) une proposition de loi relative au stockage profond de déchets de haute activité à vie longue CIGÉO prévu à Bure dans la Meuse. Cette loi modifie la loi de juin 2006 en instituant notamment une phase industrielle pilote qui devra précéder la phase industrielle proprement dite. Comme cette proposition est une initiative sénatoriale, elle ne pourra être adoptée qu'après avoir été votée dans les mêmes termes par l'Assemblée.

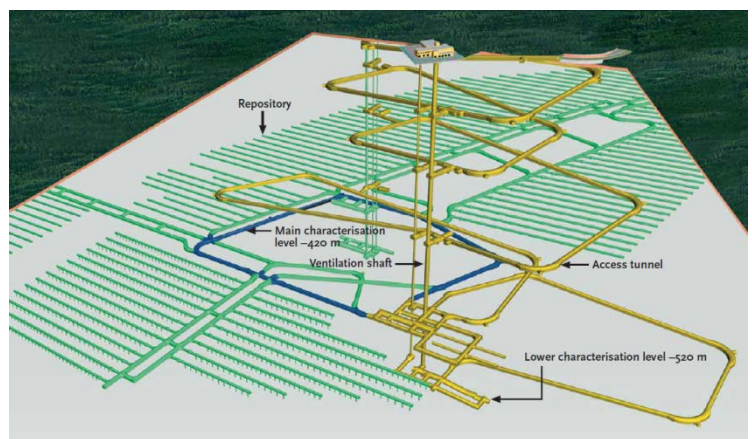
La notion de réversibilité est étendue à la flexibilité du stockage, de son exploitation et des prises de décision, notamment de fermeture progressive, sans se limiter à la simple récupérabilité des colis.

Par ailleurs, d'importantes quantités d'uranium appauvri ou de retraitement, ainsi que de plutonium sont actuellement comptabilisées comme ressources potentielles et ne sont donc pas prises en compte comme déchets dans l'inventaire national ni dans le futur stockage CIGÉO. Devant les incertitudes quant au devenir de ces matières, l'ASN a demandé à leurs détenteurs, à savoir EDF, AREVA et le CEA, d'en établir un inventaire et de préciser la plausibilité de leur valorisation, le but étant de prévoir, au cas où la valorisation ne serait pas effective, des dispositions de stockage assurant que la charge financière de leur gestion ultérieure n'incombe pas aux générations futures. C'est une décision importante, le caractère valorisable qui était jusqu'à maintenant considéré comme acquis, à une échéance non précisée, doit être maintenant démontré, sinon des provisions devront être alimentées pour un stockage ultérieur.

Comme indiqué dans le numéro 67 de N & E, cette question est analogue à celle que se pose la Grande Bretagne qui dispose de plus de 126 tML de plutonium extrait dont le maintien en entreposage lui coûterait quelque 110 M€ par an et qui leur cherche un débouché commercial.

### STOCKAGES ÉTRANGERS

Une certaine activité se manifeste dans le monde entier sur ce sujet, ce qui démontre une prise de conscience de la nécessité de résoudre le problème de manière pérenne. Le sujet est à l'ordre du jour en plus de la France, en Russie, au Japon, à Taiwan, aux États-Unis, en Allemagne, en Suède (ci-dessus, le projet de stockage suédois) et en Finlande où, première mondiale, l'autorisation de construction a été donnée.



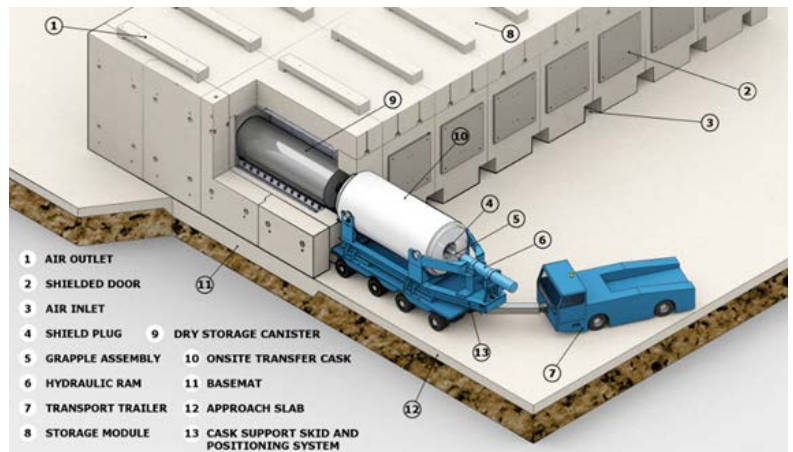
L'Australie y voit même un marché rémunérateur, en envisageant un stockage ouvert aux étrangers, ce qui suscite néanmoins une certaine opposition.

Les électriciens américains continuent à obtenir devant les tribunaux des dédommagements du DOE qui leur a fait payer une taxe sans respecter ses engagements d'enlever les combustibles irradiés et l'opposition va jusqu'à contester l'autorité du DOE à gérer les combustibles irradiés et celle de la NRC à accorder des licences d'exploitation de réacteurs suite à la condamnation du DOE qui ferme toute possibilité d'exutoire aux combustibles irradiés ce qui, selon eux, rend la licence invalide.

Aux États-Unis, un accord à l'amiable est intervenu entre le DOE et le département de l'Environnement du Nouveau-Mexique (NMED) pour solder le différend financier qui les opposait à la suite des incidents survenus en février 2014 sur le site du projet pilote de centre de stockage des déchets nucléaires (WIPP), implanté au Nouveau-Mexique. Le DOE va prendre en charge une partie importante des frais. Ce règlement va permettre de reprendre, une fois les réparations faites, la mise en stockage d'autres déchets de moyenne activité à vie longue.

## ENTREPOSAGE-TRANSPORT

L'entreposage à sec, solution économique de court-terme, se développe dans le monde et représente un marché important pour lequel la concurrence se développe. Plusieurs pays qui n'ont pas assez anticipé craignent une saturation des piscines ou même un arrêt des réacteurs et cherchent des solutions rapides. AREVA TN, filiale américaine, qui fournit des solutions de type NUHOMS (ci-contre) et domine le marché américain en étant talonnée par HOLTEC. Holtec fournit sa solution concurrente de type HI-STORM UMax et tente de s'imposer sur le marché international où elle a déjà remporté plusieurs marchés (Tchernobyl, Afrique du Sud, notamment). Des fournisseurs japonais ou tchèques se mettent également sur les rangs.



Ainsi l'industriel SKODA JS a obtenu de l'exploitant tchèque CEZ une commande de 157 M\$<sup>1</sup> pour 35 conteneurs à double usage (transport et entreposage) destinés à la centrale VVER 400 de Dukovany, avec une livraison s'étalant sur 10 ans (2021-2031). Si la centrale est autorisée à fonctionner plus longtemps, une option de 20 conteneurs supplémentaires pourrait être mise en œuvre. SKODA entend d'ores et déjà proposer ce matériel à d'autres exploitants de VVER 400.

<sup>1</sup> 1 M\$ = 10<sup>6</sup> \$, 1 G\$ = 10<sup>9</sup> \$, mêmes préfixes pour les €.

## DÉMANTÈLEMENT

L'âge moyen des installations nucléaires (principalement des réacteurs) augmentant, malgré les prolongations de fonctionnement envisagées, de plus en plus d'installations vont devoir être démantelées, particulièrement aux États-Unis et en Europe. Bien que ceci représente un marché intéressant pour les industriels concernés tels qu'AREVA, Westinghouse, Nukem et Rosatom, la Nuclear Energy Agency (NEA) met en garde sur l'aspect critique de cette activité pour le futur de l'industrie nucléaire, notamment pour ce qui est de la compréhension et de la prévisibilité des coûts, nécessaires pour garantir le bon achèvement dans les délais et non acquises actuellement.

L'industrie se prépare par des rachats et des associations qui se présentent pour remporter des appels d'offre de plus en plus nombreux dans lesquels AREVA est souvent présente. De nouveaux arrivants, tels Véolia tentent de s'implanter.

Celui-ci a acquis la compagnie américaine Kurion pour développer son offre en matière de traitement de déchets de moyenne et de faible activité, complétant ainsi l'accord passé avec le CEA en 2013.

EDF, via une de ses filiales, a acquis pour 38,6 M€ l'activité de la firme Studvik dans le traitement des déchets ainsi que ses installations en Suède et en Grande-Bretagne. Un accord porte sur la coopération des deux entités dans le domaine du démantèlement et de la gestion des déchets.

Aux États-Unis, Holtec, spécialisé dans les installations d'entreposage, lance une filiale à 100%, Team Holtec LLC, associée à de nombreux opérateurs de décontamination, ce qui va lui permettre de faire des propositions globales comprenant l'entreposage des combustibles usés, préliminaire indispensable aux opérations de démantèlement. Holtec espère associer des entreprises asiatiques et européennes pour attaquer les marchés de ces régions. Team Holtec prépare une offre pour le démantèlement des réacteurs San Onofre-2 et -3 (Voir ci-dessous).

Au Japon, la filiale ANADEC d'AREVA et d'ATOX a été sélectionnée par MHI pour réaliser les études de faisabilité de la reprise et du conditionnement des cœurs nucléaires fondus de la Centrale de Fukushima-Daichi. Ces cœurs fortement dégradés génèrent un environnement fortement irradiant et contaminant nécessitant une bonne connaissance du travail dans ces milieux et des technologies nécessaires. Les études doivent être remises à mi-2016. Elles seront suivies de nouveaux appels d'offres auxquels AREVA participera, notamment en vue de campagnes d'investigation permettant de renforcer la connaissance de la zone et d'adapter le scénario d'intervention.

AREVA pourra envisager d'associer le robot Maestro, mis au point par le CEA en collaboration avec Cybernetix et l'Iframer qui peut être équipé de nombreux instruments qu'il déploie jusqu'à 2m40. Sa particularité, par rapport à des robots de technologie et de performance équivalente, est d'avoir été conçu pour supporter une irradiation de 10 000 Gray, ce qui représente un saut technologique important. Le METI étudie avec ONET la possibilité d'utiliser une torche laser portée par Maestro pour découper le corium fondu des réacteurs de Fukushima-Daichi, de la même manière que Maestro découpe actuellement les dissolvants de l'usine UP1 de Marcoule.

En Suisse, l'exploitant BKW compte arrêter le réacteur de Mühleberg au plus tard en décembre 2019 et commencer en septembre 2020 un démantèlement qui durera 15 ans.

La Commission des Utilités Publiques de Californie a publié le détail de l'offre de 4.41 G\$ qu'elle a accepté de l'exploitant South California Edison pour le démantèlement des réacteurs de San

Onofre-2 et -3. La déconstruction des équipements contaminés nécessitera 19.5 ans et 2.1 G€, la gestion des combustibles irradiés 38 ans et 1.27 G\$, la réhabilitation du site 1.02 G\$ jusqu'en 2050, date de la fin de l'enlèvement des combustibles entreposés. SCE a fait l'hypothèse que cet enlèvement commencerait en 2024, alors que le DOE n'a pas encore retenu un site de stockage. La Commission a accepté l'offre avec cette date, considérant qu'aucune autre date ne pourrait être plus crédible.

Le décret relatif au démantèlement du réacteur nucléaire Phénix est paru au Journal Officiel du 5 juin. Le texte stipule que ces travaux devront être achevés au plus tard en 2050. Le dossier de demande d'autorisation de mise à l'arrêt définitif et de démantèlement déposé par le CEA envisage la fin des opérations « vers 2045 ». Concrètement, le décret fixe six étapes pour le démantèlement de cet ancien réacteur à neutrons rapides et à caloporteur sodium, à l'arrêt définitif depuis février 2010. Ces six étapes sont détaillées comme suit par Actu Environnement : « Après avoir déchargé et évacué le combustible, les dispositifs expérimentaux, les protections neutroniques et les composants amovibles du cœur du réacteur (étape 1), le CEA procédera au démantèlement des circuits secondaires et de l'installation de neutronographie (étape 2). La troisième étape consistera à traiter le sodium liquide (dit « coulable ») issu de l'installation, ainsi que les objets sodés. Ensuite, le CEA procédera au traitement du sodium résiduel de la cuve du réacteur et au démantèlement des installations utilisées pour transformer le sodium coulable en soude (étape 4). Enfin, les deux dernières étapes seront, d'une part, le démantèlement des autres parties de l'installation [...] et, d'autre part, l'assainissement final des bâtiments et des sols. »

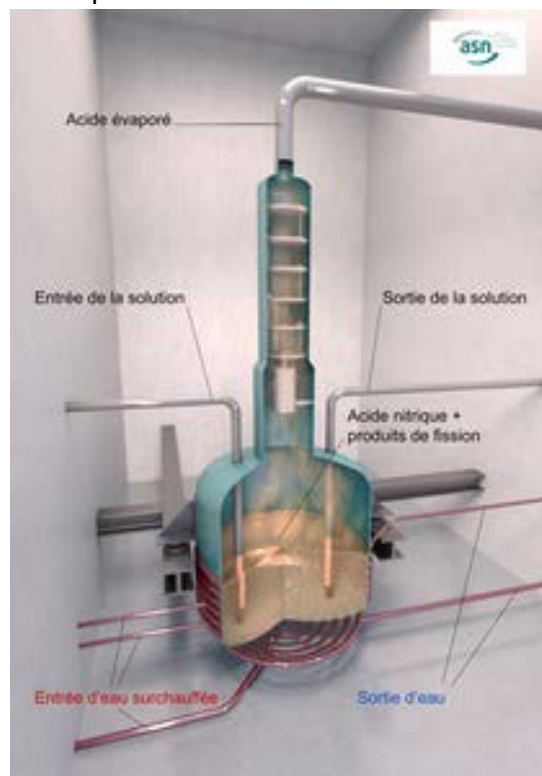
## RECYCLAGE

La Hague poursuit son activité dans de meilleures conditions financières à la suite de la signature du contrat Traitement-Recyclage avec EDF et avec une activité plus forte au titre des clients européens. Le retour des déchets étrangers se poursuit normalement.

Au plan technique, une corrosion plus importante qu'anticipée a été détectée sur les évaporateurs de produits de fission (ci-contre). Des précautions d'exploitation sont prises pour retarder l'échéance de leur arrêt lorsque la surépaisseur de corrosion aura été consommée et leur remplacement, de manière progressive à partir de 2021, a été lancé. C'est un gros projet, qui nécessite la construction de deux nouveaux bâtiments et des raccordements en actif.

La Russie va mettre en service une usine de retraitement RT-1 modernisée à Mayak, dans laquelle elle compte à terme traiter des combustibles étrangers comme ceux de Fukushima.

Les analyses de sûreté de l'usine japonaise de Rokkasho-Mura se poursuivent normalement vers l'objectif maintenu de mise en service en septembre 2018. L'État a mis en place une organisation nationale en charge du retraitement alimentée par



une taxe payée par les électriciens, à la place de l'association d'électriciens contribuant volontairement, ce qui protège de la défaillance d'un électricien.

En Chine, la mise en œuvre du retraitement fondé sur une technologie française nécessite l'accord des États-Unis, qui seraient très réticents à l'accorder dans la mesure où cela les mettrait en position de faiblesse pour le refuser à la Corée du Sud qui ne manquera pas de le demander. Les discussions de la France avec la Chine se poursuivent néanmoins.

TAIWAN, qui compte arrêter le nucléaire en 2025, n'exclut pas de faire retraiter les combustibles irradiés à l'étranger.

En Grande-Bretagne, Sellafield Ltd a annoncé à fin 2015 que le solde des combustibles étrangers des « Baseload Customers » (environ 150 tonne de métal lourd - U et Pu - (tML), majoritairement allemands), qui devait avoir contractuellement été retraité à THORP en 2004, date repoussée d'abord à 2010, puis à 2016 à la suite d'une fuite majeure, n'interviendrait qu'au mieux en 2018, date prévue pour l'arrêt de l'installation. Ce retard serait dû à des bouchages de l'installation par des fines de dissolution insuffisamment arrêtées. Ce retard gêne aussi bien les clients allemands qui vont devoir attendre pour rapatrier leurs déchets, opération à risques médiatiques, que le gouvernement anglais, qui espère récupérer de quoi financer le démantèlement de Sellafield. Si l'opération ne peut pas être effectuée dans les temps, elle pourrait se terminer par un « retraitement virtuel », Sellafield retournant au client des déchets conditionnés et du plutonium provenant d'autres combustibles retraités, sans retraiter les combustibles concernés.

Le redémarrage de certains réacteurs japonais va favoriser le plan de charge de MELOX qui va relancer la fabrication de 16 assemblages pour Takahama.

### **Évolution de l'usine MOX MFFF de Savannah River**

L'usine MFFF, destinée à neutraliser 34 tonnes de plutonium de qualité militaire dans le cadre d'un accord de désarmement avec la Russie (Voir le dossier du N° 66 de Nucléaire et Énergie ainsi que le numéro suivant) continue d'occuper le devant de la scène. De nombreux enjeux sont en cause : le plus souvent mis en avant, le délai qui ne cesse de s'allonger, avec une responsabilité indiscutable du commanditaire, le DOE, et le coût qui croît concomitamment ce qui préoccupe l'administration Obama. En arrière-plan, mais pas de moindre importance, les réticences – sincères ou intéressées - de l'État de Caroline du Sud à abriter un stock permanent de plutonium militaire, le souci de certains politiques de ne pas détourner les accords pris avec la Russie et enfin les actions très insistantes du lobby anti-prolifération pour lesquelles le retraitement et les MOX sont le diable et qui poussent à l'arrêt de la construction de cette usine dont ils ne veulent à aucun prix, sa mise en route affaiblirait la position des États-Unis qui entendent refuser à la Chine et plus encore à la Corée du Sud l'autorisation de retraiter leurs combustibles civils.

Des consultants mandatés par les pros et les antis bataillent sur les coûts et les avantages de différentes solutions. L'alternative mise en avant est la dilution avec des déchets de haute activité et l'enfouissement envisagé dans le WIPP. Deux problèmes, le WIPP n'est pas autorisé pour cela et il y aurait des risques d'accident de criticité générés par le fluage du sel, et surtout, la solution ne répond pas à l'accord avec les Russes qui demande l'élimination (par combustion) du plutonium fissile. Le Président Poutine lui-même a manifesté son désaccord pour cette

solution qui permettrait ensuite de retraiter le mélange et de récupérer le plutonium utilisable militairement, alors que la Russie, conformément à l'accord, a construit une usine pour utiliser le plutonium dans des combustibles MOX rapides destinés à être irradiés.

En parallèle, à mi-décembre, le gouverneur de la Caroline du Sud a annoncé son intention de porter plainte contre le DOE si celui-ci ne lui verse pas 1 M\$ par jour (limité à 100 M\$ par an) pour non-respect de son engagement de 2003 de commencer à éliminer du plutonium à partir du 1<sup>er</sup> janvier 2016.

À la suite de quoi le DOE demande que la plainte que la Caroline du Sud a effectivement déposée soit invalidée, d'une part parce que la date du 1<sup>er</sup> janvier 2016 pour commencer à faire disparaître le plutonium sur laquelle celle-ci s'appuie était un objectif et non une obligation et d'autre part parce que la plainte aurait dû être déposée devant une instance fédérale plutôt que devant une instance de « district » (subtilité de la justice américaine), ce que le gouverneur de Caroline du Sud conteste.

Il est difficile, dans cet imbroglio d'influences contradictoires, de savoir comment les choses vont évoluer. Force est de reconnaître que la difficulté majeure de la solution MOX n'est jamais mentionnée : pour que le plutonium fissile disparaisse effectivement, comme l'accord le stipule, il faut que les combustibles dans lesquels il sera placé soient irradiés en réacteur et produisent de l'électricité. Or il semble qu'aucun réacteur américain ne soit licencié pour recevoir des MOX de manière industrielle<sup>2</sup>, et comme mentionné dans le N° 66 de N&E, il n'y a pas beaucoup d'électriciens volontaires pour faire les démarches nécessaires et installer des combustibles MOX dans leurs réacteurs. Ceci handicape considérablement la solution qui reste néanmoins la seule à être dans l'esprit de l'accord et pour laquelle les dépenses substantielles déjà effectuées seront perdues si la solution est abandonnée.

[Retour au sommaire](#)

---

<sup>2</sup> L'irradiation de 4 assemblages LTA (Lead Test Assembly) MOX réalisés à l'ATPu (Atelier plutonium de Cadarache, actuellement en cours de démantèlement) lors de l'opération EUROFAB a été autorisée et réalisée dans le réacteur Catawba de Duke Power entre 2005 et 2009 pour démontrer à titre de prototype la faisabilité du débouché de l'usine MFFF.

## LE PLUS GRAND DEFAUT DU NUCLEAIRE ... ... SES QUALITES

Jean-François Dupont  
Ingénieur-physicien, Dr. ès sciences (Lausanne)



*This just doesn't make it* [www.energytribune.com](http://www.energytribune.com)

**Voilà bien une idée absurde. Les accidents de réacteurs, les déchets nucléaires ne seraient pas les grands défauts du nucléaire ? Et pourtant la question mérite d'être soulevée. Et si le nucléaire était au fond combattu à cause de ses qualités, et pas à cause de ses défauts ?**

### UNE ANECDOTE REVELATRICE.

Cette idée je la dois à un collègue physicien, plutôt hostile au nucléaire. C'était après une séance de travail sur les questions d'énergie qui rassemblait des représentants des 4 académies des sciences suisses (sciences naturelles, sciences humaines et sociales, sciences techniques et sciences médicales). Il me confie : « ... tu sais, je ne suis pas aussi hostile que j'en ai l'air au nucléaire. J'ai d'ailleurs travaillé sur la fusion nucléaire, que je connais bien, avant d'être dans les questions climatiques. Bien qu'il n'y ait pas d'énergie idéale, je pense que la fusion nucléaire, si elle fonctionne industriellement un jour, serait l'énergie la plus proche de l'idéal ! ». J'étais prêt à me réjouir, lorsqu'il ajoute : « mais si elle fonctionne un jour, ce sera le pire qu'il puisse arriver à l'humanité ! ».

## UNE ENERGIE IDEALE SERAIT DONC UNE CATASTROPHE POUR L'HUMANITE ?

Je ne comprends pas et lui demande ce qu'il entend par énergie idéale ? Une énergie abondante, bon marché, sans pollution et sans risques non maîtrisés ? Il confirme, oui ce serait bien cela une énergie idéale. Mais pourquoi alors serait-ce une catastrophe ? Il répond et donne la clef de l'énigme: « Mais, avec une énergie idéale, nous n'aurions plus de raison de freiner le développement de l'humanité ! »

## UNE ENERGIE IDEALE SERAIT UNE CATASTROPHE POUR LES VERTS ET LEURS ONG !

Passé un premier moment de stupeur, cet aveu expliquait beaucoup de choses que je n'avais pas comprises jusque-là. En effet, imaginons que nous disposions d'une énergie idéale et perçue comme telle, c'est à dire abondante, bon marché, propre et sans risques non-maîtrisés, toute l'agitation liée, à la transition énergétique ou au climat s'effondrerait. Tous les efforts de culpabilisation et les slogans clamant que « l'austérité est inéluctable » perdraient leur magie. Chacun se tournerait spontanément vers cette énergie idéale. Il n'y aurait plus besoin des conseils des partis roses et verts ou des ONG environnementales (Greenpeace, WWF, ...).

Remarquons que la fission nucléaire n'est pas très éloignée de la fusion dans le classement des énergies idéales. Examinée lucidement, son seul désavantage réel par rapport à la fusion, c'est d'offrir moins de réserves. Au lieu des millions d'années de la fusion (quasi renouvelable), elle n'offre « que » quelques milliers d'années...De quoi voir venir, et surtout elle fonctionne aujourd'hui déjà. En fait la vraie question, jamais débattue d'ailleurs, serait de savoir si elle représente plutôt un obstacle - un oreiller de paresse - vis-à-vis des fameuses énergies renouvelables, ou au contraire un tremplin qui aide sensiblement à leur développement. Développement qui est encore à la peine parce que leur grande dilution pose des problèmes de coûts, de besoins en matériaux et d'impacts sur l'environnement qui vont exiger encore beaucoup de temps, au-delà de l'horizon planifiable, pour trouver les solutions en vue d'applications valables à large échelle. Sans compter leur intermittence qui nécessite des capacités de stockage encore sans solutions. Poser la question c'est y répondre.

La catastrophe serait alors bien sûr pour ces partis et ces ONG : comment faire des voix ou des cotisations si l'énergie n'est plus l'épouvantail que l'on veut bien brandir pour faire peur et culpabiliser ? Si l'énergie redevient d'abord une addition de bienfaits qu'elle nous apporte sous forme de lumière, de chaleur, de force et de mobilité ?

Oui, ce serait une vraie catastrophe pour toute cette mouvance parce que leur catastrophisme perdrait tout impact. La peur ne serait plus opérante pour écarter les connaissances et forcer les décisions. Et l'écologie politique perdrait son fondement identitaire. Oui, ce serait l'horreur.

Autre aspect. Certains feront valoir que les verts et leurs ONG jouent volontiers de la carte des « énergies idéales » avec les énergies renouvelables présentées comme telles. Oui, mais observez, il y a un double discours sur les énergies renouvelables :

1) elles sont certes présentées comme des énergies idéales, les seules d'ailleurs mais 2) attention, il est aussitôt précisé qu'elles ne pourront pas couvrir « tous les besoins ». Même avec les renouvelables l'austérité reste inéluctable. Ce double discours est deux fois faux : d'une part les énergies renouvelables ne sont pas les seules utiles et surtout, d'autre part, leur potentiel lointain est énorme, un niveau de vie élevé pour tous n'est pas impossible a priori même avec les seules énergies renouvelables.

Je croyais naïvement que la posture « l'austérité est inéluctable » découlait d'une certaine logique : ce serait un moyen, voire le moyen, de répondre au dilemme entre niveau de vie élevé pour tous et protection de l'environnement. J'ai maintenant un énorme doute : et si en fait l'austérité et le renoncement à un meilleur niveau de vie, étaient de vrais objectifs par eux-mêmes. Toute « bonne » énergie devient une cible à combattre.

## LES PROFESSIONNELS DU NUCLEAIRE SONT TOMBES DANS LE PIEGE

Bien sûr que les verts et leurs ONG n'ont pas fondé leur opposition au nucléaire en évoquant la « catastrophe » d'une énergie idéale. Ils ont surtout mis l'accent sur les risques en les diabolisant : ils ont clamé et répété que les risques des réacteurs sont illimités et non maîtrisables. Quant aux déchets l'argumentation était encore plus radicale : il n'y aurait pas de solution. Devant des accusations aussi fortes, une bonne partie des spécialistes sont restés paralysés et se sont retranchés derrière les Autorités et les politiques. Protection inégale et globalement insuffisante. Ils ont aussi oublié de rappeler les avantages. Les plus courageux ont essayé au mieux d'expliquer la sécurité des centrales et l'efficacité de la gestion des déchets, en réalité deux points forts réels du nucléaire.

*Sur les accidents* : le réacteur de Tchernobyl était mauvais dans sa conception même et ceux de Fukushima manquaient de plusieurs équipements de sécurité essentiels. Aucun réacteur de concept sain et correctement équipé n'a jamais contaminé son environnement depuis plus de 40 ans que de tels réacteurs existent.

*Sur les déchets* : ils sont tous soigneusement isolés de la biosphère, emballés étanches et sous surveillance dans des lieux protégés. La preuve tangible de cette gestion efficace : aucun site contaminé par des déchets radioactifs, alors que la Confédération recense 38.000 sites contaminés par des déchets spéciaux (cas les plus connus : le mercure de la Lonza à Viège (Valais) et la décharge de la chimie bâloise à Bonfol).

Mais ces explications sont peu relayées par les médias, et si elles le sont, par exception, elles contribuent à renforcer les doutes du type « s'ils en parlent, il doit bien y avoir un problème ». Le piège était redoutable d'efficacité.

### PETIT RAPPEL : $E = mc^2$

Au lieu d'être systématiquement sur la défensive, voilà ce que la branche aurait dû dire :  $e = mc^2$ . Pourquoi évoquer cette célèbre formule d'Einstein ? D'abord parce que c'est cette énergie de la matière  $m$  qui est à l'origine du soleil lui-même (un réacteur à fusion). Ensuite que c'est une énergie incroyablement concentrée, et non pas diluée comme le vent et le soleil. Même le pétrole est comparativement peu concentré : la fission de 1 g d'Uranium délivre autant d'énergie que la combustion de 1.5 t de pétrole, qui génère env. 4.5 t de CO<sub>2</sub>. Ainsi 1 g de déchets vitrifiés et isolés de la biosphère remplace 4.5 t de CO<sub>2</sub> dispersé dans l'atmosphère, sans compter en supplément les oxydes d'azote (NO<sub>x</sub>) et autres polluants de la combustion.

*Signification concrète* : on met 1 à 2 t d'essence chaque année dans sa voiture selon qu'on parcourt 15'000 ou 30'000 km. Pour fournir l'électricité ou l'hydrogène qui permettrait le même kilométrage, il faudrait une pilule avec 1 ou 2 gr d'U<sub>235</sub>. Et la voiture n'émettrait ni CO ni polluants.

On nous dit qu'avec la COP 21, c'est la vie qui est en jeu. Oui, mais la vie c'est aussi l'énergie.

### À LA UNE DE L'ACTUALITE : TOUJOURS LE JEU AVEC LA PEUR

Les mêmes rengaines à propos de cuves de réacteurs fissurées et de rapports alarmants et secrets sur les risques de chutes d'avion continuent à faire les gros titres. Comme par hasard en complément aux nouvelles sur la COP 21.

Et pourtant.

Sur le fissures des cuves : il y a déjà plus de 30 ans la Télévision romande avait consacré une émission à cette problématique. Un vrai expert de métallurgie avait alors déclaré : il faut savoir que tout matériau ferreux est fissuré. Ce qui avait passablement dégonflé l'affaire. L'essentiel est que ces fissures soient très petites par rapport à l'épaisseur de la cuve et aussi que leur évolution éventuelle soit sous contrôle. D'ailleurs si la cuve perdait son étanchéité cela se verrait et empêcherait le réacteur de continuer à fonctionner.

Sur les risques de chutes d'avion sur les réacteurs nucléaires, par accident ou par le fait de terroristes kamikazes : ce risque a été analysé en profondeur depuis le fameux attentat du 11 septembre 2001 contre les tours jumelles de New York, par tous les exploitants et leurs autorités de sécurité. C'est sous contrôle, même si tous les rapports ne peuvent pas être complètement publics, sécurité anti-terroriste oblige.

Remarquez que le citoyen n'a toujours pas droit à ce que les médias lui fournissent régulièrement une information pris à bonne source, c.à.d. auprès d'opérateurs de centrales et d'experts de sécurité ; pourtant de bons débats avec des experts compétents qui informent sont possibles.

*Autre aspect inquiétant* : si par chance les médias s'adressent à des scientifiques, l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL) par exemple, même le milieu académique est aussi parfois à la dérive dans le sillage de l'administration fédérale. Ainsi la Radiotélévision Suisse a interviewé récemment sur la résistance des cuves de réacteurs un physicien du Energy Center, plutôt connaisseur, et militant, des cleantechs qui n'a évidemment pas rassuré. Mais la RTS ne s'est pas adressée à l'expert compétent, professeur, spécialiste de haut niveau en métallurgie, membre du Comité de l'IFSN (Inspectorat fédéral de sécurité). Qui a eu tort de la RTS ou de l'EPFL dans ce cas ? La question est ouverte. Le fait est que le public n'a pas eu droit à un avis d'expert compétent, même s'il paie le coût élevé de l'existence d'un expert à l'EPFL par ses impôts. Bien sûr, dans ce contexte, la remise en service récente des réacteurs de Doel et de Tihange, soupçonnés des mêmes défauts que Mühleberg et Beznau, est passée sous silence.

### LA LUCIDITE PREMONITOIRE DE JEANNE HERSCH

Jeanne Hersch - philosophe remarquable de lucidité et socialiste - disait : « *On voit se développer une hystérie passionnée et un fanatisme qui ne supportent aucun démenti. Que quelqu'un remarque que les choses pourraient sûrement aller mieux et les gens deviennent furieux : Ils ont besoin de la catastrophe, ils la veulent !* ». C'est extrait d'un discours de 1986 à l'Ecole Polytechnique fédérale de Zürich intitulé « L'énergie au service de l'humanité ».

Ils ont besoin de la catastrophe, ils la veulent, nous dit donc Jeanne Hersch.

*Exemple éclairant* : les leçons du professeur de philosophie de l'Université de Lausanne, Dominique Bourg. Le prof. D. Bourg s'exprime régulièrement dans les médias pour nous dire tout le mal qu'il pense du progrès technique. Il est un des grands prêtres du catastrophisme. Selon lui, en résumé : le progrès technique n'apporte que des problèmes, les scientifiques pratiquent un scientisme religieux et sont dangereux, la seule voie de salut est l'austérité. Il condamne même le « développement durable » à cause du terme développement. Or il faudrait éviter les deux positions extrêmes, et absurdes, selon lesquelles la science et la technique vont soit tout résoudre, soit tout détruire. M. Bourg est dans la 2e extrême. Illustration : dans un Forum de la RTS (25.09.2015) D. Bourg répétait que le nucléaire n'a pas de solution pour ses déchets sur un ton narquois et en plaisantant avec le journaliste. Dommage qu'un philosophe adopte avec cette légèreté un slogan, beaucoup répété, qui fait peur, mais qui se dégonfle avec un peu d'investigation. Il ignore le travail accompli au quotidien par les professionnels pour soigneusement séquestrer, emballer de manière étanche et isoler dans des dépôts sécurisés tous les déchets radioactifs. Luc Ferry, un philosophe qui ne stigmatise pas a priori l'expertise scientifique, dit : « pour philosopher, il faut connaître le terrain de jeu ». M. Bourg devrait rencontrer celles et ceux qui gèrent - de manière exemplaire - nos déchets radioactifs.

## L'ENJEU PRINCIPAL

La question principale qui demeure et doit nous mobiliser est de savoir comment concilier d'un côté notre aspiration à un bon niveau de vie pour tous et de l'autre côté notre souhait de préserver un environnement agréable. Ces deux objectifs sont conciliables, si on le veut bien et si on ne se cache pas la tête dans le sable, ou la farine dans laquelle veut nous rouler l'écologie politique. Et il y aurait une forte majorité de citoyens favorable.

Il n'y a pas que la voie de l'austérité et du renoncement. Il y a une réelle possibilité de mettre à disposition plus d'énergie avec moins de nuisances. Il faut additionner toutes les meilleures énergies, dont le nucléaire, et ne pas les jouer les unes contre les autres.

Entre prospérité et environnement ce n'est pas fromage ou dessert comme certains voudraient nous le faire croire, c'est fromage et dessert.

Article publié initialement le 02.12.2015 en Suisse par **Les Observateurs** et **ClubEnergie 2051**

<http://lesobservateurs.ch/2015/12/02/le-plus-grand-defaut-du-nucleaire-ses-qualites/>

[Retour au sommaire](#)

## SÛRETÉ NUCLÉAIRE COMMENT NE PAS EN FAIRE TROP AU PAYS DES CHAMPIONS DU MONDE DU PESSIMISME ?

Jean-Luc Salanave

### PRÉAMBULE

Défauts « sérieux » sur la cuve de l'EPR de Flamanville, déclaration sur les coûts d'un possible « Tchernobyl » en France, demande de moyens humains et financiers supplémentaires, « contexte préoccupant pour l'avenir »... Les récentes déclarations anxiogènes du patron de notre ASN<sup>3</sup> ne manquent pas de surprendre ceux pour qui notre nucléaire civil est une réussite technique, humaine et environnementale et une source de fierté. Elles choquent aussi ceux qui ne se reconnaissent pas dans cette image que nous donnons au monde entier de champions de la peur et du pessimisme, nous qui craignons toujours comme nos ancêtres gaulois que « le ciel ne nous tombe sur la tête » quand ce n'est pas certains nuages radioactifs. Surtout que nous montrons parfois bien peu de compassion devant les réels malheurs des autres, comme devant les destins dévastés des familles des 20.000 victimes du tsunami de Sendai en 2011 au Japon, préférant nous lamenter sur les victimes hypothétiques qu'aurait pu provoquer l'accident nucléaire de Fukushima qui s'en est suivi et sur le nuage radioactif qui aurait pu affecter notre petite santé à 10.000 kilomètres de nos amis japonais.



Nous sommes tous concernés par la sûreté nucléaire : ASN, exploitants, médias, citoyens. Mais chacun doit rester dans son rôle. Et concernant nos petits-enfants, ce n'est pas en leur léguant nos peurs, souvent irrationnelles et médiatisées comme celle du nucléaire, ni même en « sortant du nucléaire », que nous les rassurerons dans un monde où plus de 60 nouveaux réacteurs sont désormais en construction et où tant de pays choisissent de faire du nucléaire une source majeure de leur énergie de demain et de la lutte contre le changement climatique.

Voici une réflexion sur notre pays, qui a déjà largement réussi sa transition énergétique décarbonée, mais qui, à la surprise des pays plus optimistes que le nôtre, (i) fait un complexe vis-à-vis de ses propres réussites, individuelles ou collectives, et (ii) semble craindre l'idée du risque plus que le risque lui-même, encouragé en cela par son ASN, et des médias tellement anxiogènes que certains en oublient parfois que leur rôle est d'abord d'informer objectivement et donc aussi de rassurer.

### NUCLÉAIRE ET PRINCIPE DE PRÉCAUTION

Le français moyen est-il cette autruche (naturellement radioactive) qui enfouit sa tête dans le sol (par nature radioactif) pour se protéger de la radioactivité ?

Selon l'IRSN<sup>4</sup>, l'irradiation médicale du français moyen est environ 40 fois plus élevée que la totalité des rayonnements reçus de l'industrie nucléaire : le nucléaire civil et militaire (résidus de



<sup>3</sup> ASN : autorité de sûreté nucléaire

<sup>4</sup> IRSN : institut de radioprotection et de sûreté nucléaire

Tchernobyl et Fukushima inclus) représente moins de 1% de nos 4,1 millisieverts annuels (mSv) ; la radioactivité naturelle en représente 58% (2,5 mSv) et l'exposition nucléaire médicale 41% (1,6 mSv). Et pourtant qui aura l'idée de fermer des hôpitaux plutôt que des centrales nucléaires !? Et si un nouvel hôpital devait ouvrir à Flamanville qui aurait l'idée, pour limiter la dose totale, de fermer au préalable un vieil hôpital de la région de Fessenheim ? C'est pourtant ce que nous nous apprêtons à faire avec le nucléaire !

De nombreuses voix commencent à s'élever pour dénoncer certaines interprétations du principe de précaution inscrit en 2005 dans la charte environnement de notre Constitution. En 2010 une évaluation parlementaire concluait déjà à la nécessité d'un nouveau texte, insistant sur le besoin de « proportionnalité au risque » et sur le caractère provisoire des mesures de précaution. Dans le nucléaire combien de coûteuses mesures provisoires deviennent « définitives » même si elles sont devenues inutiles une fois le risque maîtrisé ?

Afin que ce grand principe de précaution ne dérive vers un principe d'anxiété et d'inaction, certains pays, comme les USA, lui préfèrent un principe de prévention constructive basée sur les « lessons learnt ». D'autres, y compris en France, proposent un principe d'innovation responsable, mieux à même de protéger notre planète et les générations futures sans priver égoïstement ces dernières du bien-être et des solutions que le progrès nous a offert et qu'il continuera à leur apporter demain.

Toute l'histoire des progrès du nucléaire civil atteste que la gestion des risques par la recherche de solutions (prévention) plutôt que par la seule précaution du « sauve qui peut » ou du « arrêtons tout » a été un des moteurs majeur d'amélioration de la sûreté et du respect durable de notre planète et de la vie. La peur du risque est légitime, à condition qu'elle inspire non pas immobilisme ou recules mais progression, amélioration et une meilleure maîtrise basée sur l'expérience.

## **OUI, LE PRINCIPE DE PRÉCAUTION PEUT FAIRE DES VICTIMES**

A Fukushima, les autorités nippones, comme les autorités sanitaires internationales, reconnaissent désormais que ce sont les évacuations, excessives et prolongées, et non la radioactivité, qui sont responsables de la mort de plus de 2000 personnes qui ont succombé à divers stress post-traumatiques liés à leur déracinement (dont plusieurs suicides). Ces personnes seraient vivantes aujourd'hui si elles étaient restées dans leurs villages, comme celles qui ont bravé les ordres d'évacuation. Elles n'auraient été exposées qu'à des doses de 50 mSv/an, voire même 20 mSv/an, doses bien inférieures à celles prédites par précaution par les experts et bien inférieures aussi à celles, naturelles, qui existent dans plusieurs régions du monde, sans effet sanitaire négatif.

Même Jacques Repussard, ex-Directeur de l'IRSN, reconnaît que le principe de précaution peut s'avérer nuisible. Il affirme qu'il faut avoir le courage de tirer les leçons de Fukushima et que si un accident survenait en France « des décisions administratives fondées sur une démarche de précaution purement radiologique pourraient entraîner un transfert de risques, avec des conséquences psychosociales, sanitaires et économiques élevées, au final bien plus lourdes que celles de l'impact radiologique ». Cette approche raisonnée contraste avec les propos exagérément alarmistes de Pierre-Franck Chevet Président de l'ASN sur un possible scénario d'accident en France, propos malheureusement politiquement corrects pour une certaine classe politique inspirée par EELV<sup>5</sup> ou simplement adepte d'un principe de précaution maximal, car redoutant, par manque de courage, de possibles procès pour mise en danger de la santé.

Autre exemple de victimes, celles du principe de précaution à la mode allemande : peu confiante en son industrie nucléaire l'Allemagne préfère revenir au charbon et au lignite. Or une étude

---

<sup>5</sup> EELV : Europe écologie les verts

récente dénombre 22.000 décès par an provoqués par la pollution massive qu'ils provoquent (dont plus de 4.000 décès en Allemagne, et environ 1.000 en France, qui reçoit jusqu'en Ile de France les particules de charbon allemand portées par les vents d'Est).

La ministre allemande de l'environnement Mme Hendrix pousse même « son » principe de précaution jusqu'aux limites du ridicule quand elle se permet de demander à la France de fermer ses centrales nucléaires frontalières, centrales qui font zéro victime mais qui présenteraient un « risque potentiel », sans accorder aucune considération à la demande que lui a adressé l'association *Sauvons le Climat* de fermer les centrales à charbon allemandes, dont la nocivité est avérée.

Autre exemple de ce fanatisme idéologique anti-nucléaire primaire ridicule, la plainte d'une élue de Genève (soutenue par une avocate française qui a choisi de gagner sa vie sur les peurs environnementales de ses concitoyens) à l'encontre d'une hypothétique pollution des eaux du Rhône par la centrale de Bugey (par ailleurs bien moins âgée que la centrale suisse de Beznau doyenne mondiale), oubliant en passant que le Rhône coule vers la France et non pas vers Genève.

La peur sans la raison est mauvaise conseillère, et elle fut responsable de décisions parfois désastreuses ; comme, par exemple, l'interdiction trop hâtive et mal contrôlée du DDT pendant plus de 30 ans, interdiction qui a causé la mort de plus de 50 millions de personnes de la malaria, avant que le DDT ne soit réintroduit de façon raisonnée en 2004, faisant ainsi redescendre de plus de 3 millions à moins de 1 million par an le nombre de décès dus au paludisme dans le monde.

## SÛRETÉ NUCLÉAIRE

La sûreté nucléaire n'échappe pas à ce risque de dérive. Le principe de précaution y a pris la forme du principe ALARA (« as low as reasonably achievable », « aussi bas que raisonnablement faisable »).

Jusqu'où faut-il pousser les efforts et des dépenses de sûreté nucléaire ? Où faut-il s'arrêter ? Faut-il seulement s'arrêter ? La France, qui se veut exemplaire, semble pour nombre d'observateurs nationaux et internationaux se heurter aujourd'hui à cette « limite du raisonnable » du principe ALARA, sanitaire, écologiquement et aussi économiquement.

Il suffit pour s'en convaincre d'observer les déboires commerciaux à l'export de notre réacteur EPR (le plus sûr du monde), nombre de pays lui préférant des réacteurs concurrents bien moins chers.

Comment ne pas réagir aux déclarations anxiogènes du patron de notre autorité de sûreté nucléaire à propos des anomalies « sérieuses » des taux de carbone qui dépassent 0,3% en certains points de l'une des cuves acier les plus robustes jamais construite, celle du réacteur prototype EPR de Flamanville. Plus qu'un défaut de fabrication, il semble en effet ne s'agir que d'un non-respect local d'une nouvelle réglementation ESPN (Equipements Sous Pression Nucléaires) encore jamais appliquée en France, n'ayant d'équivalent nulle part ailleurs au monde, et dont la justification n'est pas démontrée. Et puis l'ASN et les médias doivent-ils mêler le français moyen déjà anxieux par nature à une telle discussion d'experts ?

Est-il raisonnable d'avoir imposé au réacteur RHF (réacteur de recherche à haut flux de Grenoble) des renforcements sismiques à un niveau tel que, alors que la ville Grenoble serait totalement en ruine après un tel séisme, le réacteur encore debout serait en parfait état de marche ? Voudrait-on que la population puisse s'y réfugier ? !

Est-il admissible d'entendre l'ASN affirmer péremptoirement qu'après l'EPR les réacteurs de génération IV n'auraient d'intérêt que s'ils présentaient un saut manifeste en matière de sûreté ?

Comme si des avantages au plan économique, ou de l'efficacité, ou de la durabilité vis-à-vis de l'environnement et des ressources ne présentaient pour la société aucun intérêt.

Autre exemple d'excès de zèle : pourquoi la France est-elle un des rares pays à continuer à refuser les seuils de libération (ou d'exemption) sur les niveaux de radioactivité les plus bas, ceux qui font partie de notre vie de tous les jours et de la nature qui nous entoure ? Résultat, on « invente » dans ce pays des déchets nucléaires qui n'en sont pas, qui ne présentent aucun risque sanitaire et dont le seul défaut est d'avoir séjourné dans une installation nucléaire ! Selon ce critère, les 120 becquerels par kilo de radioactivité naturelle que contiennent les êtres humains devraient faire de chacun de nous un « déchet nucléaire » ! Quand il s'agit des faibles doses notre sûreté nucléaire ne frise-t-elle pas le ridicule comme le pensent nombre d'observateurs étrangers ?

Pire, plutôt que de reconnaître les dérives possibles de cette logique ALARA souvent excessive et toujours coûteuse, nous continuons même à l'étendre à des domaines injustifiés. Par exemple : prenant enfin conscience que la Nature elle-même est plus radioactive que certains « déchets nucléaires » on est en train de s'attaquer au radon, gaz radioactif naturel, qui dépasse depuis la nuit des temps plusieurs centaines de becquerels par mètre cube d'air respiré dans nos régions de Corse, de Bretagne ou du Limousin. Une réglementation franco-française est même en train de se mettre en place pour limiter les niveaux de radon dans les lieux publics et les écoles<sup>6</sup> ; tandis que dans d'autres pays, en Autriche ou aux USA, les gens vont faire des cures de radon dans des stations thermales ou des anciennes mines désaffectées, pour profiter des bienfaits pour leur santé de ce gaz radioactif naturel et de ses effets d'hormèse (réponse de stimulation des défenses biologiques) bien connus des médecins !

Lorsque l'ASN saisit la presse (et donc les citoyens) pour demander plus de moyens afin de garantir la sûreté du « grand carénage » de notre parc de réacteurs, elle est dans son rôle. Mais comment l'Etat et l'opinion ne s'interrogeraient-ils pas légitimement sur le bien-fondé d'une telle demande pour un « simple » carénage, quand les moyens en place ont été suffisants pour assurer avec succès la sûreté bien plus complexe de la conception, de la mise en service et de l'exploitation des outils que l'on souhaite prolonger. L'ASN, tout comme l'ADEME d'ailleurs, prendrait-elle l'argent des contribuables pour une énergie renouvelable ! En revanche, lorsque cette même ASN saisit la presse pour avancer une estimation exorbitante de ce que coûterait un Fukushima ou un Tchernobyl en France, elle n'est plus dans son rôle. Surtout si elle était tentée (simple hypothèse) de grossir les risques et les coûts, façon de passer le message qu'en lui accordant plus de moyens humains et financiers aujourd'hui on pourrait réduire, à moindre frais, la probabilité d'occurrence d'un coûteux accident demain.

Quand reviendra-t-on dans notre pays aux fondamentaux de la sûreté nucléaire qui ont fait l'excellence technique et environnementale de notre industrie et, un temps, un modèle pour le monde entier ?

L'ASN de 2016 permettrait-elle de réaliser et de réussir à nouveau aujourd'hui le programme nucléaire des années 1980, fierté de toute une génération ? Beaucoup en doutent.

Il faudra bien qu'un jour chacun de nous en son âme et conscience se pose la question « la sûreté jusqu'où ? ». Cette question nous devrions nous la poser sans passion, sans tabou, sans souci du « politiquement incorrect », sans peurs inutiles. Si je devais demain construire un réacteur nucléaire dans mon jardin, choisirais-je un EPR ou un Fessenheim ? Le premier pourrait coûter 4 à 5 fois plus cher que le second, mais c'est un des réacteurs les plus sûrs du monde. Le second est le plus âgé de notre parc nucléaire mais il produit un des kilowattheures les moins

---

<sup>6</sup> En imposant de nouveaux seuils sans lien avec aucun risque sanitaire avéré : 1000 becquerels par mètre cube d'air (Bq/m<sup>3</sup>), voire même 300 Bq/m<sup>3</sup>, alors que des niveaux de 50000 Bq/m<sup>3</sup> sont mesurés dans des stations thermales européennes ou dans les mines désaffectées ouvertes aux « curistes du radon » aux Etats Unis par exemple

chers du monde et il fonctionne de façon propre et sûre depuis 40 ans sans impact sanitaire sur les heureux citoyens consommateurs que nous sommes.

Sans parler des rêves écologistes les plus fous que pourrait ruiner l'arrêt de Fessenheim, comme celui qui permettrait demain à un seul de ses deux réacteurs d'alimenter avec ses 6 térawattheures annuels 100% du trafic routier d'Ile de France si on électrifierait tout son parc d'automobiles (qui parcourent chaque jour pas moins de 100 millions de kilomètres). On mettrait ainsi fin définitivement à la pollution atmosphérique de la capitale ; ceci dès aujourd'hui ; sans besoin de créer la centaine de kilomètres carrés de capteurs photovoltaïques équivalente (plusieurs dizaines de milliards d'€) !

Après les retours d'expérience de Tchernobyl et de Fukushima, comment peut-on dans notre pays continuer à cultiver notre culte du négatif et du dénigrement et refuser de reconnaître nos réussites comme celle, reconnue internationalement, de notre programme nucléaire ? Comment peut-on encore avoir le nucléaire « honteux » quand il y a belle lurette que nous avons abandonné nos filières de réacteurs de génération I (comme nos réacteurs au graphite, pourtant bien plus sûrs et mieux confinés que celui de Tchernobyl) et belle lurette que nous avons équipé nos 58 réacteurs de recombineurs d'hydrogène et de filtres à sables de dépressurisation, jugés superflus par les japonais, mais qui auraient évité les explosions d'hydrogène et la catastrophe nucléaire de Fukushima ?

## **LA LOURDE RESPONSABILITÉ DES MEDIAS FRANÇAIS : (POURQUOI) SONT-ILS ANTI-NUCLÉAIRES ?**

Chaque réalité est un mélange de positif et de négatif. Chaque mauvaise nouvelle en cache une bonne et réciproquement, la vie est ainsi faite que tout est relatif. Or, au petit jeu de la communication « voulez-vous connaître d'abord la mauvaise nouvelle ou la bonne nouvelle ? » reconnaissons que nos chers médias oublient très souvent la seconde. C'est même un oubli quasi systématique quand on parle du nucléaire. Les exemples d'omissions ne manquent pas : prenons Fessenheim.

Aucun média ne manque de rappeler que c'est notre centrale la plus âgée ; mais peu notent que c'est aussi l'une des plus « rajeunie » en termes d'investissements de rénovation de sûreté. Elle vient d'être classée comme l'une des plus sûres de France par l'ASN.

Fessenheim est dans une zone sismique (c'est la mauvaise nouvelle). Mais les bonnes nouvelles du chapitre sismique le citoyen doit fouiller pour les trouver dans les médias. Et pourtant il y en a : Fessenheim peut résister à un séisme 300 fois plus violent que celui survenu à Bâle en 1356. Autre bonne nouvelle rarement rappelée : aucun séisme n'a jamais endommagé gravement un réacteur nucléaire, pas même les pires comme, au Japon, ceux de Kobé en 1995 ou de Sendai/Fukushima en 2011. Quand à un « mini-tsunami » à Fessenheim, situé en contrebas du grand canal d'Alsace, les 60 cm d'inondation de la centrale en cas de rupture du canal ont largement été pris en compte dans son dossier de sûreté.

Autre exemple de cette désinformation anxiogène par omission sur Fessenheim : pourquoi se contenter de nous inquiéter, en oubliant de nous rassurer, sur le risque d'une fusion de cœur avec pollution de la nappe phréatique de Fessenheim, nappe qui alimente en eau potable tout le bassin rhénan ; ce serait certes une catastrophe s'il fallait évacuer la ville de Strasbourg à tout juste 60 kilomètres. Soit. Mais pourquoi ne nous rassure-t-on pas en rappelant, d'une part, que le radier de Fessenheim a été renforcé pour stopper la progression vers la nappe d'un hypothétique corium en fusion, et, d'autre part, que cette nappe se déplace vers le nord à la vitesse de 600 mètres par an et mettrait 100 ans pour atteindre Strasbourg, laissant tout le temps pour s'organiser et laissant même à une grande partie de la radioactivité le temps de disparaître d'elle-même (période de l'iode 131 : 8 jours ; celle du césium 137 : 30 ans).

Après 40 ans d'amélioration continue, l'excellence technique, économique et environnementale du nucléaire civil n'est plus à démontrer pour les connaisseurs comme pour les hommes et les femmes de notre pays qui sont fiers d'y travailler. Et les occasions de citer des bonnes nouvelles sont légion, les solutions trouvées étant bien plus nombreuses que les problèmes qui se posent. Mais une partie de l'opinion a encore un peu de chemin à faire pour se débarrasser de ses vieilles peurs.

Et dans cette croisade pour faire reconnaître les vertus du nucléaire, pour en décrire les solutions autant que les problèmes, le citoyen va avoir besoin d'alliés qui ne l'ont pas toujours aidé : les médias. Ce sont souvent eux qui « font » l'opinion, eux qui ont le pouvoir de faire la pluie et le beau temps des baromètres de l'optimisme comme du pessimisme. Si nous français détenons toujours le triste record de champions du monde du pessimisme, nos médias nous y aident bien.

Certains sont devenus des marchands de peur qui en oublient parfois d'être marchands d'optimisme. Au point que quand les nouvelles sont (trop) bonnes il arrive à certains journalistes d'en fabriquer de mauvaises de toutes pièces, trahissant la déontologie de leur beau métier.

En témoigne l'émission Cash Investigation du 2 février 2016 qui a piégé les téléspectateurs en leur affirmant deux heures durant que « 97% des aliments consommés en Europe contiennent des pesticides »; alors que la conclusion rassurante de l'étude de l'EFSA, l'European Food Safety Agency (une autre Agence de sûreté, pas nucléaire celle-là), étude réalisée en 2013 sur 81 000 échantillons alimentaires de 27 États membres de l'UE et saluée par les autres médias européens, était en réalité que « plus de 97 % des échantillons alimentaires évalués par l'Agence européenne de sécurité des aliments (EFSA) contiennent des concentrations de résidus de pesticides qui se situent dans les limites légales autorisées, dont presque 55 % sans aucune trace détectable ». Ce genre de mensonge par omission, qui déshonore cette émission et sa journaliste vedette, n'est fort heureusement pas la règle, mais il illustre l'exploitation navrante de notre addiction au pessimisme.

Il ne s'agit pas de bannir les mauvaises nouvelles, indispensables pour s'indigner, agir et corriger, mais il s'agit d'informer de façon objective, de fournir la bonne nouvelle qui se cache derrière chaque mauvaise, de donner la raison de craindre mais aussi la raison d'espérer. Mesdames, Messieurs les journalistes nous attendons de vous que vous nous rendiez **heureux** avec un «h», pas avec un «p».

## **SUR QUI REPOSE L'ÉDIFICE DE LA SÛRETÉ ? AVANT TOUT SUR LES EXPLOITANTS NUCLÉAIRES**

Oui, cela paraît évident, mais encore faut-il le rappeler car, contrairement à ce que certains pourraient penser, la sûreté nucléaire ne repose pas sur l'ASN, ni sur les pouvoirs publics, encore moins sur les laboratoires indépendants pro- ou anti-nucléaires de surveillance de la radioactivité, ni sur EELV. Ceux qui « font » la sûreté, ce sont les exploitants des installations nucléaires.

Dans notre pays, chaque exploitant d'une nouvelle INB (installation nucléaire de base) définit ses règles générales d'exploitation et de sûreté. Qui d'autre peut le faire mieux que celui qui conçoit ou exploite une installation complexe ? Ces règles ne deviennent des prescriptions de sûreté contraignantes qu'après avoir été discutées, complétées et validées par l'autorité de sûreté.

Cette particularité historique du nucléaire français mérite d'être rappelée. Elle diffère de la philosophie d'autres pays qui ont adopté une approche de sûreté top-down avec des procédures imposées d'en haut aux exploitants par une autorité nationale.

A Fukushima, les exploitants des réacteurs accidentés ne disposaient pas de tous les moyens ; ils ne possédaient même pas tous les dossiers de construction et les schémas de leur centrale, et ce n'est pas eux qui avaient défini les procédures de gestion de crise.

Certes, surviennent des cas accidentels exceptionnels non couverts par les procédures. En France, en cas d'accident grave sur une installation nucléaire, l'exploitant est seul responsable de la gestion de l'accident sur son site. Même s'il reste en liaison étroite avec les autres cellules de crise, préfectorale et nationale, il n'a pas, comme à Fukushima, à attendre un consensus décisionnel venant d'en haut, ni d'ordre à recevoir d'aucune autorité nationale ; il assume la responsabilité opérationnelle et légale de ses gestes de gestion de l'accident.

Notre ASN n'en joue pas moins un rôle essentiel. Elle est le gendarme. Elle garantit que les dispositifs et les pratiques de sûreté des exploitants sont proportionnés aux risques et mises en œuvre, elle vérifie le respect des décrets d'autorisation d'exploitation et des limites de rejets dans l'environnement ; elle a le pouvoir de sanctionner un exploitant et de faire arrêter une installation.

La relation étroite entre exploitants et ASN est indispensable pour éviter deux écueils : l'excès de contrôles et l'insuffisance de contrôles. Et l'efficacité ne réside pas forcément dans la multiplication des contrôles, mais bien dans leur qualité et leur pertinence. Pour s'adapter sans cesse au but recherché, la sûreté, les deux acteurs disposent de deux outils efficaces : l'assurance qualité et le retour d'expérience.

C'est l'arrêté qualité-sûreté de 1984 qui a fait de notre industrie nucléaire un précurseur de cette organisation de maîtrise du risque, qui confère aux exploitants la responsabilité non seulement de proposer puis de mettre en œuvre les règles fondamentales de sûreté mais aussi d'en assurer le contrôle de premier niveau, l'ASN garantissant un second niveau d'assurance de leur bon respect ; les éventuelles redondances entre les deux niveaux de contrôle doivent être proportionnées aux risques et ajustées en fonction des écarts, le cas échéant, et de l'expérience.

Dans les domaines où le niveau de sûreté est désormais élevé, l'ASN a la possibilité de s'appuyer davantage sur les exploitants nucléaires et sur leur propre organisation d'assurance qualité afin de soulager ses propres tâches de routines pour mieux réaffecter des moyens aux nouveaux dossiers comme l'EPR et le grand carénage.

## DÉBAT DE SOCIÉTÉ, PROPOSITIONS, CONCLUSION

Est-il « raisonnable » (au sens du « reasonably » du principe ALARA) de continuer à dépenser sans compter et sans limite pour la sûreté nucléaire, si ce n'est, comme l'affirme Jacques Repussard uniquement parce qu'une poignée minoritaire d' « antinucléaires plaident le risque zéro, [...] pour accroître les coûts du nucléaire et rendre l'équation économique de la filière impossible ».

Lorsque le risque est maîtrisé, lorsqu'aucun accident de fonctionnement de nos installations nucléaires, ni de traitements de nos déchets, ni de transports radioactifs n'a eu d'impact sanitaire depuis plus de 40 ans, il n'y a évidemment pas de raison de faire un « chèque en blanc » à une autorité de sûreté qui certes fait remarquablement son travail mais à qui il manque aujourd'hui 2 mandats : (i) celui de fixer la limite au-delà de laquelle les dépenses de sûreté n'apportent plus de bénéfices raisonnables, et (ii) celui de fixer des seuils homogènes et cohérents entre les risques du nucléaire et ceux que l'on accepte dans les autres activités humaines.

Exemple de l'automobile : pourquoi tolérons-nous le chiffre de 4000 morts par an sur nos routes ? Alors que les constructeurs affirment être capables aujourd'hui de produire une voiture quasiment « zéro morts », comme pour le nucléaire. Ce n'est qu'une question de prix mais la majorité des automobilistes n'est pas prête à le payer.

Les exemples comme celui-ci abondent de cette capacité qu'a l'opinion à tolérer des risques, non pas acceptables (la mort est-elle jamais acceptable ?), mais raisonnables. On a déjà parlé des 1000 morts par an provoquées en France par les particules de charbon que nous envoie l'Allemagne. On pourrait aussi parler des 4 000 décès par an dues aux maladies nosocomiales hospitalières. Ou encore des 15 000 morts de la canicule de 2003. Pourquoi une telle incohérence dans notre rapport aux risques et aux dépenses qui permettraient de les réduire ?

Notre propos n'est pas de regretter les dépenses passées qui ont contribué à l'excellence de notre sûreté nucléaire aujourd'hui. Cette excellence doit être une fierté. Notre organisation de la sûreté nucléaire s'est améliorée, l'ASN s'émancipant des intérêts industriels, et des tutelles des ministères (industrie, santé, environnement) ; elle a inspiré la refonte du système de sûreté japonais après Fukushima ; elle inspire aujourd'hui les pays qui, nombreux, se lancent dans le nucléaire.

Mais le principe rassurant d'une « autorité indépendante » pose aussi la question d'un contre-pouvoir, qui soit légitime pour poser la question « la sûreté jusqu'où » et éviter le piège du « toujours plus ». Nous sommes plusieurs à penser qu'il reste encore quelques étapes à franchir pour parachever la mise en place d'un système de maîtrise des risques qui soit indépendant, mais aussi objectif, efficace, équilibré et au service de tous les citoyens (et pas seulement d'intérêts financiers ou idéologiques de telle industrie ou de tel groupe de pression – soient-ils nucléaires, charbonniers, renouvelables, gaziers ou pétroliers ...).

Trois propositions pour conclure :

- 1. Faire confiance aux exploitants nucléaires, les femmes et les hommes responsables pour nous et devant nous de la sûreté de cette industrie. La confiance ne se décrète pas, il faut que l'ASN, plus qu'une entité administrative qui contraint et sanctionne, demeure cette expertise technique capable de s'appuyer sur les exploitants pour assurer la pertinence des règles de sûreté qu'ils proposent et pour assurer la surveillance du bon respect des règles retenues. L'expérience du passé (des incidents mais aussi des succès) doit permettre de simplifier et d'optimiser le présent pour mieux se consacrer à la sûreté de demain et aux nouveaux défis (« grand carénage », l'EPR et les futurs réacteurs).**
- 2. Imposer, dans les missions de l'autorité de sûreté, une estimation systématique du rapport coût/bénéfice entre les dépenses de sûreté supplémentaires et le bénéfice sanitaire en vies économisées.**
- 3. Inventer une super Autorité de Sûreté polyvalente chargée de contrôler toutes les activités à risque (chimiques, sanitaires, industriels, alimentaires ... et nucléaires), capable de fixer des normes objectives cohérentes et équilibrées entre tous les risques et de répartir les dépenses.**

**La sûreté nucléaire est l'affaire de tous, élus, citoyens, médias, et le débat de société est une forme nécessaire de contre-pouvoir.  
Il est temps d'avoir ce débat.**

[Retour au sommaire](#)

## LA TECHNOLOGIE REDUIRAIT LA DUREE DE VIE ?

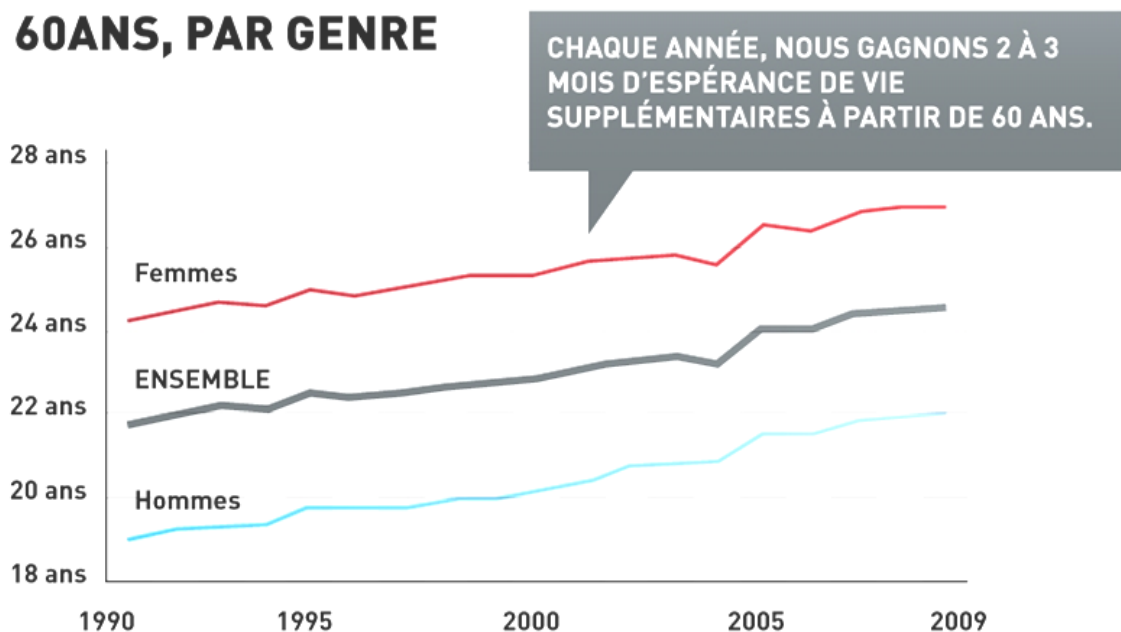
François Justin

*Personne n'est éternel. Les statistiques françaises montrent toutefois une nette amélioration de notre longévité alors que la technologie envahit depuis plusieurs années notre environnement. Y a-t-il relation de cause à effet ? Quand on pense à la médecine et à la chirurgie, la réponse est nettement positive. Quand on pense aux transports, la réponse est plus nuancée car des contre-exemples existent. Pour la chimie, les grandes réalisations, et le nucléaire, le débat se poursuit avec des avis à la limite de positions sectaires niant des évidences. La suite vous éclairera.*

**L'espérance de vie statistique à 60 ans** fait apparaître dans le schéma ci-dessous, pour la France, une supériorité de l'ordre de 5 ans entre la femme et l'homme, pas vraiment comprise par les spécialistes, surtout que la fonction d'enfanter devrait constituer un risque certain. Ceci pour insister sur la difficulté d'isoler des facteurs systématiques de décès, autres que les morts violentes lors d'accident.

Par ailleurs, on observe une prolongation d'espérance de vie d'un an tous les six ans, grâce aux progrès de la prévention : l'hygiène de vie, la qualité des aliments, la surveillance de la santé. Mais aussi des progrès dans les traitements médicaux et la chirurgie

### ESPÉRANCE DE VIE À 60 ANS, PAR GENRE



Source : INSEE, bilan démographique

**Nous allons évoquer ci-dessous les catastrophes** qui sont survenues dans les grandes installations de production d'électricité et dans quelques usines chimiques et les victimes associées. Au plan mondial, une étude de 2012 de l'American Academy of Arts & Sciences a fait une récapitulation mondiale que nous citerons en tête de chaque mode de production électrique, en italiques. Également en italiques les détails qui rebutteraient les non-spécialistes.

*Le charbon produit 42 % de l'électricité, cause 161 décès par TWh (15 pour les USA), et rejette 800 à 1400 tonnes de CO<sub>2</sub> par GWh. Il faut noter aussi que lorsque la centrale à combustion de charbon doit reprendre rapidement la production d'éoliennes par ralentissement du vent, cas courant en Allemagne, il faut que la centrale soit chaude, c'est-à-dire que la centrale rejette des gaz toxiques sans aucune production d'énergie !*

## CHARBON

**L'énergie importante extraite de la combustion du charbon** a entraîné dès le 19<sup>ème</sup> siècle de nombreuses ouvertures de mines où des accidents mortels causés par les « coups de grisou » n'ont pas tardé, provenant des gaz sortant des minerais, le méthane à 95 % :

- de 1812 à la fin du 19<sup>ème</sup> siècle, 213 ouvriers ont trouvé la mort, mais aussi des enfants emmenés avec eux ;
- le 20<sup>ème</sup> siècle voit dès 1906 plusieurs fosses minières, ravagées par le grisou dans les mines de Courrières, entraînant 1099 décès, suscitant une grève massive. Il en est résulté l'interdiction des lampes « à flammes », c'est à dire que la flamme devait être contenue dans un grillage ;
- cette mesure résultant du « retour d'expérience », expression que nous reverrons souvent, n'a pas été totalement efficace car le matériel n'était pas toujours en bon état : jusqu'en 1970 plus de 1000 morts supplémentaires sont à déplorer parmi lesquels 116 enfants engloutis par le glissement d'un terril d'une mine du Pays de Galles ;
- en 2004, une mine chinoise de charbon entraîne 166 morts par le grisou, et en 2014 une mine en Turquie entraîne aussi 282 morts par le grisou.

## CHARBON ET TRANSPORT

**L'énergie apportée par le pétrole, essentiellement pour le transport**, amène des accidents graves de personnes, sans compter les déversements de pétrole dans les accidents de pétroliers, faisant peu de victimes humaines, mais des désastres écologiques considérables :

- l'extraction du pétrole par des plateformes en Mer du Nord a causé en 1980 123 morts, et 167 dans une autre plate-forme dans la même région ;
- en 1968, la raffinerie de Feysin au sud de Lyon a brûlé, faisant 18 morts ; et une autre en 2012, au Venezuela, avec 48 victimes ;
- les transports de produits pétroliers ont également causé de nombreuses victimes, en 1978, à Los Alfaquès une citerne sur une remorque de camion a été propulsée par sa combustion dans un camping, causant 217 victimes ; en 1979 dans un port d'Irlande un pétrolier explose, faisant 49 morts ; en 2013, au Québec, c'est un train avec 73 wagons-citernes qui déraile, causant 47 morts ;
- les transports par oléoducs ont aussi causé des victimes : en 1984 au Brésil 508 morts ; la même année c'est au Mexique qu'une conduite de GPL cause un gigantesque incendie avec 500 morts, 1200 disparus et 7000 blessés ; en 1989 en Russie une conduite de gaz fuit et explose au passage de deux trains et cause 575 morts et de nombreux brûlés.

## GAZ

*Le gaz est plus couramment utilisé pour la production d'électricité avec comme avantage de monter rapidement en puissance, à condition que la turbine soit maintenue en chauffe, pour 21 % de la production mondiale, entraînant en moyenne 4 décès par TWh et rejetant 300 à 500 tonnes de CO<sub>2</sub> par GWh. Ce mode de production est moins polluant que les centrales à combustion de charbon, d'autant plus qu'un système de vaporisation d'eau par les gaz d'échappement de la turbine peut amener à un rendement global proche de 50 %. Hélas, la loi du marché rend ces turbines non rentables, et les Allemands ont fait le choix de l'énergie la plus polluante avec le charbon de lignite !!!*

*L'Hydro-électricité entre pour 16 % dans l'électricité mondiale et cause en Europe 0,1 décès par TWh et rejette moins de 100 tonnes de CO<sub>2</sub> par GWh.*

## BARRAGES

**Pour les barrages de rétention d'eau sur les fleuves ou lacs**, d'énormes catastrophes ont été observées, mais il apparaît que ces barrages ne produisaient pas d'électricité. En Chine, en 1975, à la suite d'un typhon, une suite de 62 barrages se sont écroulés en cascade, causant 26 000 morts immédiates, suivis de 145 000 morts différés par épidémies et famines. En 1979 en Inde, ce sont plus de 2 000 morts dus au barrage de Marvi. En France, à Malpasset, un barrage avant-gardiste à paroi mince a cédé en 1959 après de grosses précipitations. Un concours de circonstances malencontreux où les consignes de vidange n'ont pas été observées par crainte d'inonder un chantier d'autoroute en aval ; ceci allié à la présence de gneiss feuilleté recouvrant par endroits les roches dures et apportant des points faibles, mais il semble que cette information ait été écartée... Résultat 423 morts...

## CHIMIE

**Pour les accidents d'usines chimiques**, l'énergie n'était pas concernée, mais leur étude a conduit à des mesures qui concernent les installations à risques et sont répercutées aux installations contenant des produits dangereux :

- en 1976 à Sévésio en Italie une usine de produits chimiques dégage accidentellement un nuage de dioxine, connu comme produit défoliant utilisé au Vietnam. Avec quelques jours de retard, 500 à 1000 habitants furent évacués, les plantes jaunissent et 3300 animaux de bétail décèdent. Aucun cancer ou malformations humaine n'ont été détectées. Le seul décès est le Directeur de l'usine assassiné par les Brigades Rouges. Des lésions sur la peau ont été soignées. Les retombées internationales ont été générales pour identifier les produits dangereux, mieux les caractériser, renforcer les points faibles des installations, prévoir des procédures d'intervention en cas d'accident, des procédures d'évacuation... En France, 1249 installations sont ainsi soumises à la « procédure Sévésio » mise dans la loi ;
- il n'empêche qu'en 1984, à Bhopal en Inde, une usine de fabrication de pesticides a rejeté environ 40 tonnes de ce produit dans une zone de bidonvilles où séjournèrent environ 800 000 personnes avec des conséquences effroyables, sous-évalués par le défaut de

recensement des habitants : les autorités ont cité 8000 morts, puis 20000 à 25000 et ...300 000 malades ;

- en 2001, l'usine AZF de Toulouse employant 500 personnes subit une explosion de très forte puissance d'un stockage de 300 à 400 tonnes de nitrate d'ammonium, entraînant 31 morts, 2.500 blessés, et d'importants dégâts matériels amenant à raser complètement le site chimique et de nombreux bâtiments voisins. Cette explosion aurait pu résulter du contact de produits chlorés avec le nitrate d'ammonium. Cependant, calculs, enquêtes, reconstitutions, n'ont pas permis de converger sur un scénario reconnu de tous. On a donc conclu par une recommandation renforcée sur les stockages de nitrate d'ammonium, matière bien connue par les auteurs d'attentats !!!

**Ce bilan humain catastrophique pour l'industrie après deux siècles d'énergies fossiles** doit tout de même être rapporté aux progrès permis par l'énergie ainsi obtenue : rendement des usines, transport des biens et des personnes qui ont réduit les famines, et amélioré le niveau de vie, la santé et le confort de l'habitat... Au début des années 1800 l'espérance de vie à la naissance était de 33 ans environ, passant à 48 ans au début des années 1900, puis à plus de 80 ans de nos jours, et semble demeurer en nette croissance pour les années à venir.

## RENOUVELABLES

***Pour les énergies renouvelables**, seules les éoliennes sont citées dans l'étude américaine, leur attribuant moins de 1 % de l'énergie électrique, mais 0,15 décès par TWh quand même (à la construction vraisemblablement) et moins de 50 tonnes de CO2 rejeté par GWh (idem).*

## NUCLEAIRE

*Pour le nucléaire, leur contribution à 14 % de la production électrique s'accompagne de 0,04 décès par TWh, 4 fois moins que l'éolien et également moins de 50 tonnes de CO2 rejeté par GWh.*

**Et les centrales nucléaires de production d'électricité ?** On ne détaillera que les accidents ayant eu des conséquences importantes extérieures aux sites considérés.

**Un des tous premiers accidents est répertorié à Windscale en 1957 dans un réacteur** lié au programme militaire de Grande-Bretagne. Il était périodiquement réalisé un réchauffement du réacteur pour détendre l'énergie « Wigner » accumulée dans le graphite du modérateur. Des soucis sur les mesures de température et d'étanchéité des gaines de combustible ont amené à accélérer le refroidissement, sans résultats. Une rapide inspection visuelle a montré que des éléments combustibles étaient très chauds (400 à 800 °C) et brûlaient. Un essai d'extinction au CO2 a été vain. C'est donc une injection massive de l'eau du circuit des pompiers pendant plusieurs heures qui a eu raison de l'incendie, concernant plus de 10 tonnes d'éléments combustibles, avec rejet direct à l'extérieur, sans éléments de filtration !!! Les informations sont peu précises, et la seule action réelle a été la réquisition et la destruction de la production laitière de la région, pendant quelques mois, pour éviter la contamination par l'iode 131 de la thyroïde des enfants, ce qui peut déclencher des cancers de cette glande. Toute autre information a été censurée au plus haut niveau. Plus tard des éléments de filtration ont été ajoutés avant les cheminées d'évacuation, et plus tard le nom du site a été changé en Sellafield. A noter que

l'activité rejetée est estimée entre les rejets des accidents de Tchernobyl et de Fukushima développés plus loin ! Le démantèlement de l'installation est maintenant prévu en 2037 ! C'est en 2010, donc plus de 50 ans après l'accident, qu'une enquête auprès des septuagénaires survivants a conclu à l'absence de conséquences à long terme !

**Le 29 septembre 1957 à Kychtym**, près de la ville fermée de Tcheliabinsk-40, abritant une usine de retraitement à vocation militaire s'est produit, ce qui allait être connu comme la catastrophe de Kychtym (complexe nucléaire Maïak) : stockés dans une cuve mal refroidie, des produits de fission hautement radioactifs en solution concentrée (nitrates et acétates) se sont échauffés au point d'exploser violemment et contaminer gravement toute la région.

On a finalement appris avec beaucoup de retard et sous toute réserve que l'explosion a dégagé une énergie de 75 tonnes de TNT, dispersé  $740 \times 10^{15}$  Bq et aurait causé la mort de 200 personnes et la contamination/irradiation de 470.000 personnes, l'évacuation des habitants ayant tardé et la condamnation de quelques 800 km<sup>2</sup>. Dans le contexte de guerre froide qui prévalait à l'époque, la catastrophe de Kychtym a été complètement étouffée par les autorités soviétiques. Le gouvernement soviétique n'a reconnu l'accident qu'en 1989 quelques informations ayant filtré à partir de 1976.

**Les centrales nucléaires graphite-gaz de Saint Laurent des Eaux** ont eu des accidents de refroidissement local du combustible à Uranium métallique. Cette forme avait l'avantage de ne pas nécessiter d'enrichissement en Uranium 235, mais était plus sensible au manque de refroidissement :

- en 1969, le réacteur SLA1 a subi la fusion de 50 Kg environ d'Uranium au cours du chargement du combustible, opération faite normalement à pleine puissance. Les opérations de récupération de l'Uranium ont été réalisées par plusieurs centaines de personnes respectant les doses « travailleurs », sans rejets notables à l'extérieur du site. Le réacteur a redémarré un an après :
- en 1980 ; le réacteur « jumeau » SLA2 a eu un accident de refroidissement local par un objet métallique, fondant environ 20 Kg d'Uranium. L'opération de nettoyage a été plus longue : près de trois ans, nécessitant la rotation d'environ 500 personnes pour respecter les doses individuelles. Une manœuvre malencontreuse de rejets liquides a entraîné le rejet de 0,3 gramme de plutonium, présent en faible quantité dans l'Uranium. Ce rejet a récemment rebondi dans les médias.

Ces réacteurs ont été définitivement arrêtés respectivement en 1990 et 1992.

**La centrale Nucléaire de Three Mile Island N°2 a eu en 1979 un sévère accident de refroidissement**

Vers 4 heures du matin, l'heure a une importance car peut expliquer le comportement parfois malvenu des opérateurs, une panne d'alimentation en eau secondaire est survenue sur le réacteur en puissance. Le refroidissement du circuit primaire est donc devenu insuffisant, entraînant une augmentation de température, donc de pression dans la cuve contenant le cœur avec le combustible. *Cette augmentation de pression fit ouvrir la soupape automatique du pressuriseur, évacuant ainsi de l'eau primaire et faisant baisser la pression à une valeur normale. Mais cette soupape ne se refermait pas (2ième anomalie). La commande de fermeture par le personnel était enregistrée, ce qui a été pris pour la fermeture, mais la soupape ne s'était pas*

*fermée. Et le circuit primaire se vidait... Le refroidissement de secours du générateur de vapeur avait été laissé fermé après une intervention (autre erreur), ce que les opérateurs ont corrigé assez rapidement, mais certains éléments combustibles avaient été hors d'eau et commençaient à être surchauffés, car leur puissance résiduelle peut être supérieure à 5 % de la puissance nominale quelques minutes après l'arrêt du réacteur, suffisant pour un début de fusion. Le réservoir de décharge où le générateur de vapeur se vidangeait fut bientôt plein et ses disques de rupture envoyèrent l'eau primaire dans l'enceinte de confinement qui montra une activité radioactive qui alerta le personnel. Dans la cuve primaire l'eau liquide était mélangée avec de la vapeur d'eau et de l'hydrogène qui se formait après la réaction chimique d'eau avec les gaines de combustible à haute température. Ce mélange entraînait de fortes vibrations des pompes primaires, que l'opérateur a voulu protéger en les arrêtant !! Enfin, les opérateurs réussirent à démarrer l'injection d'eau à haute pression dans le cœur du réacteur, ce qui a soumis le combustible et la cuve à de sévères contraintes mécaniques et thermiques, mais mit un terme à la dégradation de la situation.*

Sur le moment, 200 000 habitants ont évacué la zone, et les calculs ultérieurs ont montré que le maximum d'exposition avait été de l'ordre de l'exposition annuelle de radioactivité naturelle de la région.

Bien entendu, une grande attention a été portée dans le monde, et tout particulièrement en France où EDF exploite des réacteurs semblables. En particulier les procédures de réaction face à des situations accidentelles ont été orientées vers une conduite par état, c'est-à-dire que l'on ne cherche pas à réfléchir sur la situation, mais on applique les consignes en fonction de l'état de l'installation. On a également introduit une plus grande sélection de mesures fiables, y compris en cas de sortie de la plage de fonctionnement normal, une présentation synthétique des informations est faite pour éviter l'effet « arbre de Noël » qui effraie les opérateurs sans apporter d'aide.

En 2009, tout le combustible a été évacué de la cuve primaire qui avait bien fait sa fonction de confinement du combustible. Le confinement du bâtiment primaire a également été nettoyé, après n'avoir laissé passer qu'une très faible proportion de la radioactivité.

Le réacteur jumeau N°1 a été remis en puissance, après accord des Autorités de Sûreté.

**Le réacteur N°4 de Tchernobyl en Ukraine** a subi en 1986 un désastre total, suite à une erreur humaine majeure. Il faut dire que ce type de réacteur qui n'existait qu'en URSS avait une tendance à l'instabilité avec des tubes de force verticaux refroidis à l'eau légère bouillante, ce qui donne une augmentation de puissance lorsque la température s'élève, donc foncièrement instable. Les avantages étaient une construction robuste, avec un faible enrichissement en Uranium 235, mais surtout la production de Plutonium pouvant avoir des utilisations militaires... Par ailleurs, la « Culture de Sûreté » n'était pas intégrée dans la formation des opérateurs. Une quinzaine de réacteurs ont été exploités, d'une puissance allant jusqu'à 1500 MWe. Seule la Russie en exploite encore 11, Les autres États de l'ex URSS les ont arrêtés pour pouvoir intégrer l'Union Européenne. Il faut tout de même ajouter que les Russes ont largement modifié les réacteurs restant en exploitation, et que ceux de Tchernobyl ont été arrêtés compte tenu de l'état du site.

Ce 26 avril 1986 donc une « expérience » demandée par les Autorités centrales pour estimer la montée de puissance que le réacteur pouvait assumer a été exécutée par les opérateurs qui

*étaient persuadés que cela ne marcherait pas : « l'effet Xénon » connu pour son anti-réactivité aurait dû bloquer la puissance thermique. Les opérateurs l'avaient maintes fois expérimenté, sauf que dans ce cas le Xénon avait largement décri suite à un arrêt de longue durée. Avec leur schéma mental erroné, ils ont donc neutralisé les alarmes de taux de montée en puissance exponentiel ; puis les alarmes de montée en température ont alerté les opérateurs qui ont fait descendre les barres d'arrêt, mesure fatale car la partie basse de ces barres en acier massif a augmenté au plus mauvais moment la réactivité du cœur, amenant ce que l'on nomme la « prompt criticité » (doublement de la puissance à chaque milliseconde environ). C'est donc la vaporisation du combustible et son explosion qui a propulsé à plusieurs mètres de hauteur le couvercle du cœur pesant 2.000 tonnes et des éléments combustibles. L'intense chaleur a entraîné la combustion du graphite modérant les neutrons et le relâchement d'une partie importante des produits radioactifs car l'enceinte non étanche au départ était en triste état après l'explosion. Les opérateurs et les hommes de la sécurité ont pris des risques majeurs pour éteindre l'incendie, recouvrir le cœur avec des matériaux neutrophages, et ramasser les combustibles retombés sur le toit de l'enceinte avec comme seule protection des tabliers de cuir couverts de plaques métalliques... Ils ont payé un lourd tribut de 30 à 50 décès rapides.*

*La réaction des autorités locales a été une évacuation forcée et rapide de la ville de Pripiat voisine et des hameaux proches. L'appel à l'armée russe pour envoyer de « volontaires » pour les premiers travaux d'urgence a fait défiler plusieurs centaines de milliers d'hommes qui, après une formation sommaire, par exemple attraper un élément combustible retombé sur le toit des bâtiments avec des gants (?), le jeter dans le cratère béant du réacteur et se sauver en un minimum de temps. Chacun prenait ainsi une « certaine dose » pour nettoyer les installations, puis construire une couverture sommaire aux bâtiments. D'autres nettoyaient les parties basses où des « pattes d'éléphants » de combustibles fondus et solidifiés étaient à évacuer. Un certain nombre de « cimetières » de matériels contaminés ont été constitués, sans toujours de repérages précis.*

Une grande confusion règne sur les conséquences radiologiques de cet accident, certainement le plus grave de l'histoire du nucléaire civil. Les opposants au nucléaire ont cité des millions de morts et des malformations d'enfants insoutenables. Pour ce dernier point, les images montrées par les médias avaient été tournées plusieurs années avant l'accident !!! Il n'en demeure pas moins que des cancers de la thyroïde ont été observés chez environ 6 000 enfants, avec un taux de guérison de plus de 99 %, 15 décès sont survenus en 20 ans, taux comparables aux populations non exposées du même âge.

On n'a pas de chiffres très fiables pour les soldats qui ont fait les interventions les plus irradiantes. Quant aux habitants évacués, un effet pervers modifie les conclusions que l'on peut en tirer, du fait que l'on a évacué des familles sans rien d'autre que les vêtements qu'ils portaient. Pris en charge par l'État qui leur fournissait une pension constituant alors le tiers du budget de l'Ukraine, d'où un certain rejet des populations avoisinantes. Les populations évacuées ont eu du mal à se reconstruire et ont souvent sombré dans le désespoir et l'alcoolisme, qui sont devenus la source de décès précoces. De plus, il faut signaler un nombre important d'avortements « préventifs », aussi bien en Ukraine que dans des régions proches (Allemagne notamment). C'est plusieurs milliers de personnes qui ont ainsi disparu.

Il faut ajouter que les habitants proches de Biélorussie, d'une pauvreté extrême, n'ont quasiment bénéficié d'aucune aide, sinon que l'on leur déconseillait de consommer les produits qu'ils cultivaient, mais ils n'avaient pas les moyens d'en acheter d'autres... Là aussi, le suivi médical était faible et rendait difficile de trouver une variation des taux de cancer. On n'a pas de relevés

fiables sur la faune et la flore locales, mais il semble que le retour d'animaux sauvages aurait été constaté, facilité par l'absence de leur principal prédateur : l'Homme !!!

**Les dégâts entraînés par le tsunami sur 4 réacteurs à Fukushima au Japon** en 2011 proviennent d'une sous-estimation de la hauteur de la vague consécutive au séisme au large des centrales. Alors que le séisme lui-même a été bien supporté par les installations, malgré une intensité plus élevée que dans les données de base, la hauteur de 14 mètres aurait été atteinte par la mer, au lieu de 6 mètres prévus... L'électricité du réseau avait été perdue depuis le passage du séisme, mais l'alimentation électrique de secours sur moteurs diesel avait normalement fonctionné mais...les diesels étaient situés à plus de 6 mètres mais moins de 14 mètres !! Leur noyage irrémédiable n'a laissé que la réserve sur batteries pour la conduite, bien trop faible pour les systèmes d'évacuation de la puissance résiduelle. Après plusieurs heures, la température du combustible mal refroidi avait atteint la fusion. Le zirconium des gaines du combustible n'a pas tardé à rencontrer de l'eau, produisant de l'hydrogène qui a réagi de façon explosive avec l'oxygène dans les bâtiments. Le confinement des produits radioactifs était dès lors perdu, entraînant l'émission d'Iode 131 (négligeable au bout de quelques mois) mais surtout de Césium 137 mesurable pendant quelques 300 ans... L'ensemble de la radioactivité relâchée a été environ 10 fois plus faible que celle relâchée à Tchernobyl.

Alors que le séisme avait entraîné l'écroulement de nombreux bâtiments, tuant ou blessant de nombreux habitants, la vague du tsunami a noyé de nombreux survivants coincés dans les décombres. Le chiffre de 18 000 victimes a ainsi été atteint, ce que certains, par ignorance, ont attribué à la radioactivité, qui n'avait pas été relâchée à ce stade, mais seulement quelques heures plus tard.

Il est maintenant constaté que la dose mortelle par irradiation n'avait pas été atteinte pour le public. Pour le personnel des réacteurs, deux victimes ont été constatées : une par crise cardiaque due au stress, et l'autre par écroulement d'un mur endommagé, sans rapport avec la radioactivité. Les décès différés par cancer n'ont pas été identifiés, mais sont peu probables compte tenu des faibles doses reçues par les exploitants, scrupuleusement enregistrées.

Il est pourtant des types de décès pas toujours identifiés, comme pour le public autour de Tchernobyl :

- les avortements provoqués par crainte d'anomalies
- les désordres psychologiques chez les personnes évacuées, allant jusqu'au suicide d'une personne âgée refusant de quitter la maison familiale, et de plusieurs autres empêchées de retourner chez eux. Au total, ce sont plus de 2000 décès non liés aux radiations et au stress post-évacuation que les Autorités Japonaises ont dénombrés, remettant implicitement en cause le bien-fondé d'au moins la moitié des décisions d'évacuations ou de leur prolongation inutile.

**En conclusion, n'oublions pas les bienfaits apportés depuis un siècle par l'accès facile aux énergies compensant largement, en termes de vies économisées et en espérance de vie, les risques limités créés. Et dans un bilan sanitaire des coûts / bénéfiques, le nucléaire s'avère finalement bien mieux placé que les autres énergies.**

## L'ALLEMAGNE S'HABILLE EN VERT, MAIS C'EST UN DEGUISEMENT

Dominique Grenèche

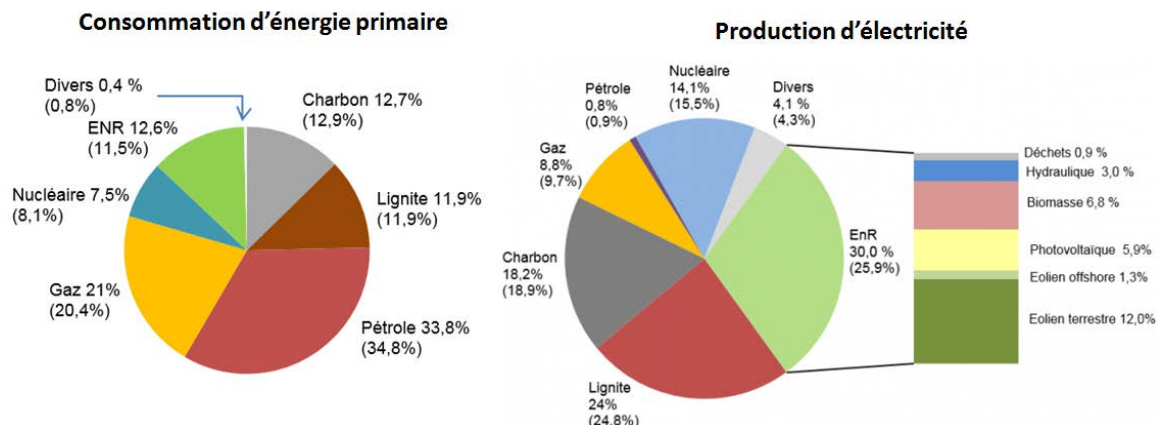
### HISTORIQUE ET SITUATION ACTUELLE

C'est au début des années 2000 que la coalition gouvernementale « SPD » et « Grünen » a décidé de remplacer progressivement l'énergie nucléaire par des énergies renouvelables (EnR), notamment en prévoyant l'arrêt définitif du dernier réacteur nucléaire en 2022. Cette décision a été un moment remise en cause par Angela Merkel qui voulait prolonger la durée de vie des réacteurs bien au-delà de cette date. Elle n'était pas alors vraiment hostile à l'énergie nucléaire (c'est une physicienne de formation), mais c'est à la suite de l'accident de Fukushima qu'elle se rallia finalement aux décisions antérieures. Ainsi, sur les 36 réacteurs électrogènes construits et exploités dans ce pays, totalisant près de 28 GWen, il en reste aujourd'hui seulement 8 qui ont une puissance totale installée de 11 GWe.

Ce choix est au cœur de ce qui a été appelé « l'energiewende », ou « tournant énergétique », assimilé souvent à notre « transition énergétique », mais qui s'inscrit en fait dans un changement sociétal plus ambitieux. Il vise en effet à transformer, voire bouleverser, les processus de production et les pratiques de consommation d'énergie des allemands pour aller vers des modes censés être plus respectueux de l'environnement. On ne peut que saluer un tel objectif mais on peut tout autant s'interroger sur la façon de l'atteindre puisque la voie suivie repose sur le postulat implicite que l'énergie nucléaire constitue une atteinte à l'environnement. Cette démarche s'appuie également sur l'idée que l'on pourra remplacer d'ici le milieu du siècle une grande partie des moyens actuels de production d'énergie émetteurs de CO<sub>2</sub> par des énergies dites « renouvelables » non carbonées (essentiellement éoliennes et solaires). Voyons ce qu'il en est en pratique.

### L'ENERGIE EN ALLEMAGNE

Le paysage énergétique allemand peut être résumé à l'aide des figures suivantes (chiffres de l'année 2015 avec, entre parenthèses ceux de 2014 - Source blog de la SFEN du 22/1/2016) :



L'examen de ces chiffres pour 2015 nous conduit à quelques constats qui vont à l'encontre de l'image souvent donnée sur l'exemplarité de l'Allemagne dans le domaine énergétique :

- La part des EnR dans la consommation finale d'énergie n'est que de 12,6%, ce qui n'est finalement pas si éloigné de la part française équivalente qui est d'environ 9% (cumul hydraulique et EnR dans l'électricité, EnR thermiques). Le chiffre précis pour la France n'est pas encore disponible pour 2015 mais il était 8,6% en 2014. De ce point de vue, on est donc dans les nuances de vert entre les deux pays.
- Pour ce qui concerne la production électrique en 2015, **l'éolien** tant vanté (mais peu vanté !) ne contribue que pour 13,3 % et le **solaire photovoltaïque** que pour 5,9 %. Ramené à la consommation totale d'énergie primaire en Allemagne, le pourcentage de ces deux sources d'énergies est d'environ **2,5 %**, donc presque marginal ! On notera au passage la tromperie manifeste proférée par certains fondamentalistes des EnR (et répandue complaisamment par certains médias) qui consiste à parler de puissance installée pour les différents moyens de production d'électricité et non pas d'énergie réellement produite. Le bon peuple non averti ne fera pas la différence.
- Les **énergies fossiles**, émettrices de CO<sub>2</sub>, contribuent pour **80 %** à la production d'énergie primaire, contre 48% en France. Encore faudrait-il ajouter, si on s'intéresse aux émissions de CO<sub>2</sub>, la part de la biomasse (voir note ci-après) qui représente plus de la moitié des EnR en Allemagne.

*Note sur la biomasse* La biomasse présente certes de sérieux atouts, et mérite de contribuer au mix énergétique. Toutefois, parée de son merveilleux préfixe de « bio », elle est souvent considérée comme éligible au rang des énergies respectueuses de l'environnement, car neutre en carbone. Cette assertion relève pourtant de l'opportunisme politique puisqu'en réalité la combustion de matières végétales dégage notamment du CO<sub>2</sub> et contribue par conséquent à l'effet de serre. En fait, le calcul « honnête » de ces émissions n'est pas simple car il dépend du type de biomasse mais surtout de l'endroit et du moment où cette biomasse a été récoltée, puisque de CO<sub>2</sub> émis à la combustion est censé être réabsorbé par le milieu végétal. Mais le problème est qu'il y a un décalage de plusieurs dizaines d'années entre les deux processus. En conséquence toute combustion de biomasse aujourd'hui, et pour longtemps, génère des gaz à effet de serre, comme les autres énergies fossiles. Affirmer le contraire, c'est masquer la vérité.

## QUELQUES VERITES DERANGEANTES MAIS TOUJOURS BONNES A DIRE

L'Allemagne s'affiche donc comme un exemple à suivre en matière énergétique. C'est une mystification pour au moins deux raisons :

1. Ses **émissions de CO<sub>2</sub>** sont **les plus élevées de tous les principaux pays européens**, avec plus de 10 tonnes par habitant soit environ le **DOUBLE** que celles du citoyen français. C'est un fait.
2. Par son énorme consommation de **lignite**, l'Allemagne (premier pays producteur mondial avec 180 millions de tonnes par an) est à l'origine d'une forte pollution de l'environnement accompagnée par des effets nocifs significatifs sur la santé des populations. Nous ne détaillerons pas ici ces conséquences réellement néfastes et avérées, qui ont été largement commentées par ailleurs. Elles sont, là aussi, incontestables. Comme le rapportait un récent article publié dans le journal anglais « The Guardian » : « si le nucléaire entraîne des calamités quand ça se passe mal, le charbon entraîne des calamités quand ça se passe bien. Et ça se passe beaucoup plus souvent bien pour le charbon que mal pour le nucléaire ».

Au-delà de ces deux constats, comment ignorer les méfaits sur l'environnement liés au développement massif des deux principales sources d'énergies renouvelables pour la production électrique (hors hydraulique) que sont l'éolien et le solaire photovoltaïque. Ils sont évidemment balayés d'un revers de main par les avocats zélés de ces énergies. Et pourtant, ils sont bien réels. Les panneaux solaires usagés par exemple, dont la durée de vie est aujourd'hui de l'ordre de 25 ans en moyenne, génèrent des masses importantes de déchets toxiques (cadmium essentiellement mais aussi tellure ou indium). Certes, une partie de ces matériaux sont recyclés, tout au moins pour les panneaux qui peuvent être récupérés, ce qui est bien loin de constituer la majorité des cas ! D'ailleurs, le directeur du photovoltaïque au service **Green City Energy de Munich**, Andreas Horn déclarait récemment à ce propos que ces panneaux non recyclés qui sont traités comme du verre ou des gravats, constituait un **problème écologique grave**. En tout état de cause, pour les panneaux recyclés (de l'ordre du millier de tonnes actuellement en Allemagne), il reste un reliquat de matières non recyclées, qui constituent des déchets ultimes à caractère toxique. On les met sous le tapis ? Quant à l'éolien, personne ne peut nier son impact sur l'environnement : atteinte au patrimoine paysager et historique, bruits, dommages à l'avifaune (ensemble des espèces d'oiseaux dans une région donnée), multiplication des lignes à haute tension (avec 3800 km de plus prévus d'ici 2020 en Allemagne). Excessif ? Sans doute pas selon les quelques 500 associations en Allemagne qui combattent les éoliennes. On notera au passage qu'en France également les résistances se font de plus en plus fortes (pour prendre l'air, le lecteur pourra aller consulter le site « vent de colère »). Il faut enfin souligner l'inconvénient majeur du solaire et surtout de l'éolien que constitue leur caractère naturellement intermittent et aléatoire. Il oblige pratiquement à installer en parallèle à ces installations, des équipements de production à énergie fossile, capables de suppléer très rapidement au manque de soleil ou à l'absence de vent (dans le meilleur des cas, les pales d'éoliennes terrestres ne tournent que 25% du temps !). Ce système n'évite pas les coupures et les microcoupures répétées qui pénalisent les industriels dont l'outil de production a besoin d'alimentation fiable et très stable, surtout lorsqu'il est issu de hautes technologies. Tout cela n'empêche pas certains idéologues de la mouvance verdo-durable de qualifier les éoliennes de « citoyennes ». Aux armes !

Reste les détriments ou pertes économiques du « modèle énergétique » allemand qui sont souvent dissimulés ou largement minimisés afin de ne pas saper l'image du vertueux tournant énergétique germanique. Pour clore ce bref article, nous en évoquons ici quelques aspects.

## **UNE ADDITION SALEE ATTENUÉE PAR QUELQUES DISTORSIONS ÉCONOMIQUES**

L'électricité coûte cher en Allemagne. Beaucoup plus qu'en France. Selon un récent rapport de notre ministère de l'environnement (« Energie Climat » – 2015), le prix payé par un ménage moyen est de 147 €/MWh en France contre 292 €/MWh en Allemagne. Le double donc. Mais l'écart se réduit pour les entreprises qui bénéficient souvent de tarifs préférentiels ou de prix de gros. Il est en moyenne de 96 €/MWh en France, soit moins 35%, contre 143 €/MWh en Allemagne soit moins 51%. Pourquoi une réduction relative nettement plus importante en Allemagne qu'en France ? Explications.

Il existe une liste officielle européenne des secteurs industriels éligibles aux réductions de taxes finançant les énergies renouvelables (JO de l'UE du 28/6/2014). Le premier secteur figurant en tête des heureux élus est « **l'extraction de la Houille** » (OUI, vous avez bien lu). Inutile de donner le nom du pays qui a imposé ce choix à Bruxelles. D'ailleurs, c'est lors d'une visite du

Vice-chancelier allemand Sigmar Gabriel à Bruxelles en 2014, que celui-ci avait déclaré que son pays risquait une « brusque désindustrialisation » si ces mesures n'étaient pas adoptées. Une telle décision est paradoxale sur le plan écologique : on sait que le charbon et le lignite sont de très loin les plus grosses sources d'émissions de gaz à effet de serre en matière de production d'énergie. Mettre l'extraction de la houille en tête de la liste, alors que Berlin s'estime le leader mondial en termes de politique énergétique « **propre** » avec l'Energiewende est le comble du cynisme.

Ces dérogations sont applicables dans tous les pays de l'UE, mais l'Allemagne en a été le plus large bénéficiaire, et de très loin là encore (5 milliards d'€ en 2015 !). Ces subventions dissimulées à leurs industries voraces en énergie (mais exportatrices) constituent manifestement des distorsions de concurrence qui d'ailleurs commencent à agiter la Direction du même nom à Bruxelles. Une perle diplomatique au passage : Sigmar Gabriel a récemment critiqué les aides financières anglaises à l'EPR d'Hinkley Point, elles aussi approuvées par la Commission européenne. Plus c'est gros plus ça passe ! En pratique ces exonérations de taxes établies au titre de la loi dite « EEG » sur les énergies renouvelables sont un transfert d'argent déguisé à la grande industrie dont l'existence même repose sur de riches investisseurs. Dès lors, il n'est pas étonnant que ceux-ci bénissent tant la transition énergétique.

Selon un spécialiste de ces questions, M. Lionel Tacoen, dont nous reprenons ici les propos, la base juridique des aides aux EnR est l'article 107, §3 c du Traité européen qui indique que ces aides sont légitimes « quand elles n'altèrent pas les conditions des échanges dans une mesure contraire à l'intérêt général ». Or des experts ont constaté que les EnR altéraient les échanges (en menaçant la production hydraulique) dans une mesure contraire à l'intérêt général (en fragilisant d'énormes investissements). Les Allemands, flairant dans cet article du Traité une faiblesse des aides aux EnR (y compris sous la forme de priorités d'accès au réseau) avaient tenté de déminer le terrain en demandant à la Cour de Justice européenne d'acter que les aides aux renouvelables ne relevaient pas du Traité européen. Patatras ! Les Allemands ont perdu le procès le 10 mai dernier, ouvrant là un boulevard à la contestation des aides aux EnR. L'insécurité juridique risque ainsi de pénaliser fortement les nouveaux investissements dans ces énergies (lesquels ont d'ailleurs baissé globalement de 21% en Europe en 2015 par rapport à 2014).

Ajoutons à cela le préjudice énorme supporté par les grands électriciens allemands (E.on, RWE et Vattenfall) contraints d'abandonner le nucléaire, et qui ont d'ailleurs porté plainte devant la cour constitutionnelle de Karlsruhe. Et pour compléter ce sombre tableau, soulignons que les Prix de l'électricité sont devenus illisibles : lorsqu'il y a beaucoup de vent et peu de besoins, il faut se défaire de l'électricité produite en excès auprès des pays voisins, **qui sont rémunérés** pour cela (les prix sont négatifs !). Le consommateur paye donc, par le biais des taxes qui subventionnent les EnR (bientôt 25 milliards d'euros en Allemagne), à la fois pour produire et pour se débarrasser de l'électricité !

On est donc dans une situation qui est totalement déconnectée de toute logique économique. De telles absurdités ne s'expliquent que par un aveuglement idéologique basé sur la phobie de l'énergie nucléaire, habilement entretenue et répandue outre-rhin. Cette hostilité viscérale vis-à-vis de l'atome a fini par pénétrer dans l'esprit d'une très grande majorité de citoyens allemands. Résultat : ils sont prêts à payer n'importe quel prix pour envoyer à la casse leurs centrales nucléaires.

## EN GUISE DE CONCLUSION

L'hostilité au nucléaire en Allemagne est telle que son abandon sera maintenu quoiqu'il en coûte d'autant qu'elle est attisée par l'activisme de puissantes organisations. Mais le pays découvre l'étendue des difficultés de tous ordres (techniques, sociales, environnementales, financières, internationales) liées au processus de développement des EnR, dont l'issue définitive n'est pas prévue avant 2080 (propos de notre représentant énergie à l'Ambassade de France en Allemagne, M. Perraudin). L'objectif initialement fixé de produire 80% de l'électricité par des EnR en 2050 paraît aujourd'hui inatteignable, sauf peut-être, percée technologique majeure en matière de stockage massif d'énergie. Bien entendu, les discours officiels escamotent cette réalité et essaient de minimiser les lourdes conséquences de cette politique peinte artificiellement en vert, en hésitant pas à employer des moyens pour le moins discutables.

« Sans cesse on prend le masque, et quittant la nature, on craint de se montrer sous sa propre nature » - Nicolas Boileau.

*Note finale : pour rire un peu, allez sur les sites « <https://revue-progressistes.org/2014/12/04/quand-la-zdf-ridiculise-le-modele-energetique-allemand/>. » Regardez la vidéo. C'est Réjouissant.*

[Retour au sommaire](#)

## Quelques rappels

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

- 1- D'énergie et d'électricité** : l'électricité ne représente en 2012 dans notre pays que % de l'énergie finale utilisée (contre 42% pour le pétrole et 21% 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 85% et les quantités d'uranium nécessaires sont faibles (grâce à un contenu énergétique 10000 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- D'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 8760 heures annuelles. En d'autres termes, en France, dans l'année, un réacteur nucléaire produit 4 jours sur 5, une éolienne produit 1 jour sur 5, une cellule photovoltaïque fonctionne de 1 à 1,5 heure sur 10 (selon la région), et les centrales thermiques classiques fonctionnent 1 jour sur 5 par choix pour des raisons économiques et de pollution CO<sub>2</sub>.

Par exemple, il faut une puissance éolienne de 4600 MW (soit 2 300 éoliennes de 2 MW unitaire) pour produire la même quantité d'énergie électrique d'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 quantité d'énergie** s'exprime habituellement pour l'électricité en kWh (kiloWatttheure soit un kiloWatt pendant une heure), MWh (megaWatttheure), etc.

[Retour au sommaire](#)