

## Électricité 2050

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

Jean-Luc Salanave

#### Préambule :

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

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

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

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

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

---

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

### C. Indépendance énergétique

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

#### C.1. Dépendance photovoltaïque.

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

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

#### C.2. Indépendance nucléaire.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## E. Compétitivité de l'entreprise France

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

## Conclusion

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

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

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