

[Accueil](#)

[Confort de lecture et Impression PDF](#)

[retour](#) n° [10](#) [11](#) [12](#) [13](#) [14](#) [15](#) [16](#)

UARCO : Union des Associations de Retraités de COGEMA

REMETTRE SUR LES RAILS N° 15

Juin 2004

A chaque énergie sa place. Mais n'ayons pas peur de l'énergie nucléaire !
--

Ce document, ainsi que les précédents numéros, peut être consulté sur le site
[http ://www.uarco-france.com](http://www.uarco-france.com)

SOMMAIRE

1. La conjoncture, pour le nucléaire.....	1
2. Suggestions pour tenter de venir à bout des préjugés sur le nucléaire (suite).....	5
2.1 <i>Retraitement et stockage profond. « A déchets actuels, solutions actuelles, à déchets futurs, solutions futures »</i>	<i>5</i>
2.2 <i>Le coût de la solution connue est intégré dans les prix de l'électricité</i>	<i>6</i>
2.3 <i>La voie éventuelle de la transmutation des atomes radioactifs à vie longue</i>	<i>7</i>
2.4 <i>Le plutonium.....</i>	<i>10</i>
2.5 <i>Démantèlement. Déconstruction</i>	<i>11</i>
2.6 <i>Convention commune sur la sûreté de la gestion des combustibles usés et sur la sûreté de la gestion des déchets radioactifs</i>	<i>13</i>
3. Remises sur les rails sur des sujets divers	14
3.1 <i>L'EPR, inutile ?</i>	<i>14</i>
3.2 <i>La séquestration du carbone ? Non, du CO₂</i>	<i>16</i>
3.3 <i>Les éoliennes</i>	<i>17</i>
3.4 <i>Le transport de plutonium</i>	<i>18</i>
3.6 <i>Contamination de la France suite à Tchernobyl.....</i>	<i>19</i>

1. La conjoncture, pour le nucléaire

Une croissance supérieure à 9% en Chine en 2003, de l'ordre de 11%/an en ce début 2004, l'accroissement très important de la demande en matières premières dans ce pays pour

alimenter son industrie, et la situation très tendue au Moyen-Orient font grimper le prix du pétrole dans le monde : il dépasse 40 dollars US par baril. Pour ce qui est du charbon, l'électricien japonais TEPCO indique (*Financial Times* du 12 mai) qu'il a vu son prix augmenter de moitié en six mois. Le prix mondial du gaz naturel grimpe dans les mêmes proportions que le pétrole, avec un retard de trois à six mois. La Chine développe un formidable réseau de transport et distribution dans la région de Shanghai. Le monde, dans ces conditions, se rend compte de façon plus immédiatement concrète de l'intérêt du nucléaire. Il est vrai que le cours de l'uranium, sous forme de concentrés, est monté vite aussi puisqu'il est passé en trois ans de 7 à 17¹ sur le marché « spot »² et les spécialistes ne s'attendent pas à ce qu'il retombe. Oui, mais « *le coût de l'uranium...n'intervient que pour 5% dans le coût total de production du kilowattheure électrique (contrairement aux combustibles fossiles qui représentent 50 à 70% de ce coût)* », comme l'écrit Francis Sorin³ dans *l'Humanité* du 7 mai. Donc le coût du kilowatt-heure nucléaire, lui, reste stable.

En Chine les coupures de courant sont fréquentes dans les deux tiers des provinces (*Chinadaily.com.cn* le 11 mai), en particulier dans les régions industrielles : Le *Financial Times* du 12 mai explique qu'il faut souvent éteindre les néons le soir pour donner priorité aux usines. 42000 MWe⁴ seraient mis en service en 2004, autant en 2005 ! Pour ce qui concerne les centrales nucléaires, l'objectif apparaît modeste par rapport à ces chiffres : passer de 8700 à 36000 MWe d'ici 2020 (*Fresh Fuel* du 15 mars) ou même 32000 MWe supplémentaires d'ici cette date (*Chinadaily.com.cn*). On s'attendait à des appels d'offres pour une demi-douzaine de tranches à eau pressurisée, qui intéressent au premier chef les constructeurs internationaux, dont Areva. Ils ne sont pas parus. La Chine s'est donné un temps de réflexion. Mais *Enerpresse* du 18 mai titre : *Nucléaire : la Chine choisirait la France*. « *Beijing serait en passe de commander, sans appel d'offres international, plusieurs tranches nucléaires, pour LingAo – où les terrassements sont déjà réalisés – et pour Qinshan 2. ... Pour éviter les blackouts, en particulier dans la province industrielle de Guangdong (10% du PIB chinois), la State Development Planning Commission demandera une extension à l'identique de LingAo (jumeaux de 1000 MW) et de Qinshan 2. EDF a donc pratiquement partie gagnée pour deux nouvelles tranches [LingAo]. En revanche, les autorités chinoises lanceront des appels d'offres pour les gros équipements* ».

En Suède, où un référendum consultatif avait conduit à conclure que les douze réacteurs nucléaires seraient arrêtés au plus tard en 2010, vous savez qu'un seul jusqu'ici a été arrêté, et l'AFP le 27 avril 2004 rappelle que « *le programme de démantèlement voté en 2002 par le Parlement stipule la poursuite de l'exploitation des centrales jusqu'à leur amortissement, pendant encore 30 ou 40 ans* ». *Nucleonics Week* du 6 mai raconte qu'un grand débat est en cours, où les patrons de l'énergie nucléaire voudraient fixer l'objectif de durée de vie des réacteurs à 60 ans, alors que le gouvernement voudrait s'en tenir à 40 ans. Les centrales nucléaires suédoises ne sont donc pas près d'être arrêtées.

Quant à l'Espagne, le nouveau chef du gouvernement, M. Zapatero, avait annoncé avant les élections que s'il était élu, il serait favorable à un abandon progressif de l'énergie nucléaire, sans fixer de délais (AFP du 15 avril). Son ministre de l'industrie le confirme (AFP du 26

¹ l'unité barbare étant le dollar US par livre d'oxyde U₃O₈. Cela fait une augmentation en trois ans de 2,75 à 6,75 €/kg d'uranium contenu dans les concentrés vendus par les mines.

² pour des raisons très différentes

³ Directeur du pôle information de la SFEN, Société française d'énergie nucléaire

⁴ Lire : 42000 mégawatts électriques, soit 42 millions de kilowatts, toutes sources d'énergie électrique confondues. Par comparaison, la puissance installée française est d'environ 80000 mégawatts électriques.

mai). Mais « *le Foro Nuclear, qui regroupe les électriciens espagnols engagés dans des centrales nucléaires, a demandé au ministre de l'Industrie d'allonger la durée de vie des centrales à 60 ans, comme aux Etats-Unis* » (*Enerpresse* du 7 mai).

En France, le gouvernement « Raffarin III » a présenté au Parlement son projet de loi d'orientation sur l'énergie. Celui-ci vient d'être adopté en première lecture par l'Assemblée Nationale (*AFP* le 1^{er} juin) :

*Le texte gouvernemental affiche quatre grands objectifs : « garantir la sécurité de l'approvisionnement » de la France, « mieux préserver l'environnement », « garantir un prix compétitif de l'énergie », et « garantir l'accès de tous à l'énergie ».*⁵

*Parallèlement à la promotion des énergies renouvelables, il fait clairement le choix du nucléaire en confirmant le lancement de l'EPR*⁶.

Après les élections régionales gagnées par la gauche en général alliée aux Verts antinucléaires, on pouvait se demander si les Conseils régionaux ne chercheraient pas à prendre localement des positions hostiles à la construction de l'EPR sur les divers sites envisagés : Flamanville, Penly, et Tricastin ; mais il ne semble pas que ce soit le cas, sauf peut-être à Penly : *Le conseil régional socialiste de Haute-Normandie a prévenu qu'il n'était pas favorable à l'implantation de l'EPR* (*Le Monde* du 18 mai). Reste un sujet majeur : comment financer cet EPR ? EDF compte partager la dépense : d'une part on parle de l'intérêt des Italiens⁷, on parle des compagnies d'électricité allemandes, et on pense à d'autres producteurs d'électricité français (ce n'est pas exclu par exemple pour Suez, d'après *La Croix* du 13 mai) ; d'autre part on pense, à l'image des Finlandais, à faire financer une part de l'investissement par de gros clients potentiels, qui recevraient en contrepartie la garantie de prix stables sur un certain nombre de kilowatts-heures par an.

C'est d'ailleurs là un schéma auquel on réfléchit dans d'autres pays aussi, en particulier aux Etats-Unis. Comme l'investissement est élevé pour un réacteur, en diviser la charge entre les parties intéressées facilite la décision. D'autre part le gouvernement américain a lancé un appel d'offres pour la construction de nouveaux réacteurs nucléaires. Il ne s'agit pas de la démarche classique avant une commande prochaine, mais d'une incitation financière à se lancer dans les démarches préparatoires, pour accélérer le lancement des opérations le jour où les électriciens se sentiraient prêts. Le *New York Times* du 26 avril indique que quatre consortiums⁸ se sont constitués pour monter collectivement des dossiers préliminaires de demande de licence de construction pour un ou plusieurs réacteurs. Certains ont choisi un type de réacteur et un site, certains ni l'un, ni l'autre ! EDF International North America fait partie de l'un d'eux, qui, d'après le *New York Times*, a reçu le joli nom de « Nustart Energy Development ». Chacun des neuf partenaires compte dépenser 1 million de dollars par an sur

⁵ Nous reviendrons sur ce texte dans un prochain numéro, lorsqu'il aura été définitivement adopté.

⁶ European Pressurised water Reactor, réacteur européen à eau pressurisée développé conjointement par Framatome et Siemens, aujourd'hui réunis dans Framatome ANP (cf. *Remettre sur les rails* n° 14, de février 2004, §2.3.2).

⁷ cf. *Remettre sur les Rails* n°13, d'octobre 2003, §2

⁸ *Nucleonics Week* du 15 avril donne des détails :

sur la composition du premier, pas d'informations ;

le deuxième, Nustart Energy Development, comprend Exelon Nuclear, Entergy Nuclear, Constellation Energy, the Southern Company, EDF International North America, General Electric, Westinghouse, Tennessee Valley Authority (TVA) et Duke Power;

le troisième comprend TVA, General Electric, Bechtel, Toshiba et USEC;

le quatrième comprend Dominion Resources, Hitachi America, Bechtel, et une filiale américaine de Atomic Energy of Canada.

sept ans, plus des prestations en nature et des services administratifs pour ces actions préparatoires, et demande au gouvernement fédéral une subvention du même montant. *Nucleonics Week* du 15 avril explique que Nustart Energy Development s'intéresse au réacteur à eau bouillante ESBWR de General Electric, et au réacteur à eau pressurisée AP1000 de Westinghouse. EDF s'intéresse à l'AP1000 pour avoir deux fers au feu, pas seulement l'EPR.

Les Etats-Unis prévoient par ailleurs de construire un premier réacteur expérimental à très haute température visant à produire de l'hydrogène. Ils viseraient 2015-2017 pour son démarrage (*Nucleonics Week* du 27 mai)⁹.

L'autre élément significatif aux Etats-Unis, c'est ce qu'on lit des idées de John Kerry sur le nucléaire : il veut annuler le projet de stockage géologique de Yucca Mountain ! La presse ne donne pas encore assez d'éléments pour qu'on puisse comprendre s'il maîtrise le sujet du nucléaire.

L'Ukraine (*New York Times* du 26 avril), la Bulgarie (*AFP* le 3 mai, *La Tribune* du 4 mai), la Lituanie (*Enerpresse* du 11 mai), et la Slovaquie au grand dam des Autrichiens qui poussent des hauts cris (*AFP* le 24 mai), parlent de construire de nouveaux réacteurs nucléaires pour remplacer ceux qu'on les oblige à fermer¹⁰ parce qu'ils sont de conception soviétique. Et la République tchèque parle d'ajouter deux réacteurs à Temelin, ce qui ne manquera pas de provoquer les mêmes hauts cris des mêmes voisins.

Evoquons en dernier lieu le Japon : lentement il remonte le courant après les événements que nous avons évoqués dans les précédents numéros. 13 des 17 réacteurs nucléaires de TEPCO ont été autorisés à redémarrer, et 2 (*Financial Times* du 3 mai) devaient suivre prochainement. Par ailleurs Kansai Electric souhaite repartir sur le programme d'irradiation de combustible Mox¹¹, à partir de 2007 et s'attendrait à obtenir la permission des autorités locales (*Bloomberg*, 15 mars). Un autre électricien japonais, Kyushu Electric Power, a l'intention de commencer à brûler du combustible Mox à partir de 2008, deux ans en avance sur ses intentions antérieures (*Nikkeinet Interactive* le 28 avril).

On notera que la montée du prix de l'uranium naturel, apparemment durable, rend plus compétitif le combustible Mox dans le monde. Cela peut expliquer un certain optimisme exprimé par COGEMA (*Nuclear Fuel* du 10 mai) quant à l'avenir du retraitement : les prévisions seraient bonnes pour la période 2010-2020, avec probablement une production en augmentation. Une demande d'autorisation serait bientôt déposée pour l'usine de fabrication de combustible Mox, pour passer la capacité de 145 à 195 tonnes de métal lourd par an.

Terminons en mentionnant la large diffusion par la presse internationale d'un appel solennel en faveur de l'énergie nucléaire, de James Lovelock, membre de l'Académie des Sciences britannique et surtout un des hommes les plus respectés des écologistes du monde. Il dit que, avec l'évolution déjà perceptible du climat, on n'a plus le temps d'essayer des solutions

⁹ En fait, d'après *Nucleonics Week* du 15 avril, on s'attend à ce que les performances en termes de température et de puissance soient inférieures à ce qui est visé dans le cadre du programme Génération IV. Voir aussi à ce sujet les commentaires au paragraphe 3.1.

¹⁰ C'est un engagement qu'ont dû prendre ces pays pour pouvoir présenter leur candidature à l'entrée dans l'Union Européenne.

¹¹ Mox veut dire Mixed Oxide, oxyde mixte (ou mélange d'oxydes) d'uranium et de plutonium. L'usine s'appelle Mélox et se trouve à Marcoule, dans le Gard.

diverses comme les énergies renouvelables, *avant* d'accepter un large développement du nucléaire qui ne produit pas de gaz à effet de serre. Bien que cette position de James Lovelock ne soit pas vraiment nouvelle, son retentissement est nouveau et pourrait faire basculer beaucoup d'indécis.

[Retour au sommaire](#)

2. Suggestions pour tenter de venir à bout des préjugés sur le nucléaire (suite)

Dans chaque numéro, nous essayons, chers lecteurs, de vous aider et de vous encourager: vous avez des conversations avec des parents et amis de bonne foi, ils vous interrogent sur le nucléaire, ayant souvent été informés par les médias et ne sachant pas quoi en penser. Si vous manquez d'éléments, nous essayons dans *Remettre sur les rails* de vous en apporter.

Vous l'avez constaté : la plupart des gens croient encore que le nucléaire traîne une tare, ses déchets. On leur a dit très souvent qu'on ne sait pas quoi faire des déchets « à vie longue » ; que, conséquence logique, nous laisserons aux générations futures un héritage empoisonné, une charge dont le coût est inconnu : celle de gérer ces déchets ; sans compter celle de démanteler les centrales après la fin de leur exploitation. Là aussi, on dit au public qu'on ne sait pas comment faire, ni combien ça coûtera. Et on prétend que ces coûts seront à la charge des générations futures. Quel scandale, de la part des responsables du passé et d'aujourd'hui, d'essayer de cacher cela aux gens ! Voilà ce que les anti-nucléaires disent et redisent ! Or toute chose qu'on répète et répète finit par devenir une certitude, une réalité !

Mais non, tout cela est faux, et c'est le sujet que nous allons développer aujourd'hui ; nous l'avons d'ailleurs déjà abordé à plusieurs reprises sous divers angles.

Nous l'abordons aujourd'hui sous d'autres angles, avec chaque fois quelques explications que vous pouvez donner à vos interlocuteurs.

2.1 *Retraitement et stockage profond.* « A déchets actuels, solutions actuelles, à déchets futurs, solutions futures »

Lorsque nous parlons de déchets, il est bon de toujours commencer par rappeler combien sont faibles les quantités de déchets radioactifs, et surtout de déchets de haute activité initiale et à vie longue, en regard de toutes les autres sortes de déchets, même les déchets toxiques¹² ; et de rappeler de combien de précaution on s'entoure pour les gérer de façon sûre.

En France, comme vous savez, on re traite les combustibles usés pour en séparer les déchets ultimes et pour recycler les matières fissiles réutilisables à plus de 90%¹³. Les déchets ultimes, qui sont extraits sous forme liquide de très haute activité, sont incorporés dans du verre, comme l'est le plomb pour fabriquer le cristal. Le verre ainsi constitué est coulé en blocs cylindriques dans des conteneurs en acier inoxydable, devenant des « colis de déchets

¹² Chaque Français produit environ 100 kilos par an de déchets industriels toxiques, dits déchets spéciaux, souvent peu conditionnés, souvent labiles (solubles dans l'eau), pour 1 kilo environ par personne et par an de déchets nucléaires conditionnés et répertoriés, toutes catégories, dont seulement 5 à 10 grammes par an de déchets de haute activité initiale et à vie longue, vitrifiés.

¹³ On ne re traite pas tout pour le moment, seulement la quantité donnant le plutonium qu'on est en mesure de recycler rapidement sous forme de combustible Mox, c'est-à-dire à oxyde mixte d'uranium et de plutonium. Mais l'intention est de recycler le reste ultérieurement. Le plus intéressant sera sans doute de le faire lorsqu'on disposera de réacteurs à neutrons rapides. Nous verrons plus loin pourquoi.

vitrifiés ». Et on laisse refroidir les blocs à La Hague dans des installations ventilées, pendant un certain nombre d'années. Les fragments métalliques des combustibles retraités¹⁴, appelés « coques et embouts », sont disposés dans des conteneurs identiques à ceux des déchets vitrifiés après réduction de volume dans une presse ; ils constituent ainsi des « colis de déchets compactés ». Que fera-t-on ensuite de ces deux types de colis ? La solution de principe, la mieux connue et dont le développement est le plus avancé (sous réserve qu'on trouve un ou plusieurs sites techniquement appropriés et acceptés par la population), consiste à les stocker le moment venu dans un *stockage géologique profond. Des techniques existent pour le faire*. Ne disons pas qu'il n'y a plus besoin de recherches dans ce domaine, en particulier pour adapter les solutions à un site donné, qu'il faut étudier soigneusement. Mais les spécialistes du monde, qu'ils soient réunis par l'AIEA¹⁵, par l'Agence de l'Energie Nucléaire (AEN) de l'OCDE, la Commission Européenne ou ailleurs, s'accordent à reconnaître *qu'on sait calculer la sûreté d'un stockage géologique après des investigations appropriées sur le site*. Si l'on choisit un site convenable, si l'on détermine la conception du stockage en fonction du site, et si l'on réalise correctement la construction, les populations avoisinantes peuvent vivre tranquilles pour les siècles des siècles : elles ne subiront aucune conséquence négative¹⁶. Il y a même de larges coefficients de sécurité.

Il est bon que nous rappelions toujours cela au moment où l'on explore aussi d'autres solutions dans le cadre de la loi de 1991. Cette loi traduit le souci d'explorer autre chose que la solution de principe, le stockage géologique profond, que nous venons de rappeler brièvement. Le Parlement, suivant la loi, tirera des conclusions en 2006.

Il importera alors de prendre ses responsabilités : de ne pas laisser aux générations futures, au-delà des délais techniques strictement nécessaires, la charge de conditionner et mettre en place dans un stockage les déchets que nous leur aurions laissés en héritage : notre devoir est de mettre en œuvre dès que possible la solution sûre que nous aurons pu mettre au point, même si nous avons dans nos cartons des solutions potentiellement encore plus performantes, où par exemple les déchets prennent moins de place dans le stockage parce qu'ils dégagent moins de chaleur. *A déchets actuels solutions actuelles. A déchets futurs solutions futures !* Il se peut qu'un jour on trouve utile de conditionner certains produits de haute activité dans d'autres matrices que le verre : nous appliquerons cela aux déchets du moment ! Les déchets antérieurs auront été conditionnés et stockés avec les méthodes antérieures dans de bonnes conditions de sûreté.

Alors, direz-vous, que faites-vous de la « réversibilité » ? Il faut seulement qu'elle permette de remédier à un défaut de sûreté qu'on aurait découvert « à retardement ». L'ANDRA¹⁷ étudie de nombreuses solutions possibles. Mais les mineurs d'uranium du Canada¹⁸ savent bien que, en dernier ressort, on dispose des techniques pour aller rechercher par télécommande n'importe quoi en sous-sol !

[Retour au sommaire](#)

2.2 *Le coût de la solution connue est intégré dans les prix de l'électricité*

¹⁴ qui résultent de leur cisailage préalable et qui ne sont pas mis en solution dans le procédé

¹⁵ Agence Internationale de l'Energie Atomique

¹⁶ Ceci a été démontré en particulier par les études PAGIS et EVEREST menées sous l'égide de la Commission Européenne, cf. *Remettre sur les rails* n°10, d'octobre 2002, §5.2.

¹⁷ Agence Nationale pour la gestion des Déchets RAdioactifs

¹⁸ qui ont à extraire du minerai si radioactif que nul ne peut l'approcher physiquement

Les gens se disent : puisqu'on n'a pas encore décidé ce qu'on va faire des déchets à vie longue, quelqu'un nous raconte des histoires en prétendant que le coût de leur gestion est compris dans le prix du kilowatt-heure !

Reconnaissons qu'il est un peu logique de raisonner ainsi. En vérité, ce à quoi les gens ne pensent pas, c'est qu'il s'agit d'une part faible du coût du kilowatt-heure, nous allons voir pourquoi ; et si l'on a une incertitude de 50% sur ces sommes, cela ne représente qu'une incertitude de moins de 1% sur le prix du kilowatt-heure. Pourquoi donc dit-on qu'il s'agit d'une part faible du coût du kilowatt-heure ?

Pour le faire comprendre, il vous faut rappeler deux choses à vos interlocuteurs :

- La première est que les déchets de haute activité initiale et à vie longue demandent à être entreposés pendant des dizaines d'années, pour refroidir suffisamment, avant de pouvoir être mis en place dans un stockage. La dépense de stockage est donc éloignée dans le temps.
- La deuxième raison est que l'argent qu'on dépensera après ce long délai, compté en euros d'aujourd'hui (jour où l'on produit le colis de déchets), représente peu de chose compte tenu des intérêts versés. Autrement dit il suffit de mettre peu d'argent de côté aujourd'hui sur un compte rémunéré pour qu'il constitue un pécule respectable dans cinquante ans. Très logiquement, on tient compte de cela dans les calculs. On parle de « coûts actualisés ».

Donc les sommes à mettre de côté en vue de la gestion des déchets sont relativement faibles, ce qui surprend. Le montant tel qu'on peut l'estimer avec les solutions techniques connues est effectivement compris dans le prix du kilowatt-heure électrique d'aujourd'hui.

[Retour au sommaire](#)

2.3 La voie éventuelle de la transmutation des atomes radioactifs à vie longue

La loi de 1991, concernant les déchets de haute activité et à vie longue, prescrit qu'on étudie trois voies de recherche : celle que nous avons appelée la *solution la plus avancée et la mieux connue*. L'une des deux autres est la réduction de la quantité et de la radiotoxicité à très long terme des déchets, ou plus précisément, des atomes radioactifs à vie longue contenus dans les déchets, par séparation de ces atomes suivie de leur *transmutation*. Si l'on pouvait en effet se débarrasser des déchets à vie très longue, on n'aurait plus à se préoccuper de ce qu'ils deviendront dans des milliers d'années !

Louis Patarin a écrit une synthèse sur ce sujet : «*La transmutation des déchets radioactifs : comment et pourquoi ?* »¹⁹ C'est un papier très bien écrit, naturellement assez technique. En voici un condensé. Avant que vous en commenciez la lecture, nous voudrions dire deux choses :

- On explore la transmutation : ce n'est pas reconnaître pour autant qu'elle est indispensable pour assurer la sûreté d'un stockage. Vous verrez que nous arrivons à une conclusion nuancée. On dispose de plusieurs solutions possibles, et il s'agira de choisir parmi elles.
- Rappelez-vous que les déchets de haute activité et à vie longue sont des « mixtures » d'atomes qu'on n'a pas séparés. Certains d'entre eux sont à vie courte, d'autres sont à vie longue. C'est de ces derniers qu'il s'agit ici. La question est d'éventuellement les

¹⁹ On trouvera ce texte sur le site <http://www.uarco-france.com>.

séparer des autres, et de s'en débarrasser par transmutation artificielle, c'est-à-dire par la transformation d'atomes radioactifs à vie longue en atomes radioactifs à vie plus courte et même, pour certains, non radioactifs.

Tout d'abord, que sont ces atomes à vie longue ? Ils comprennent deux catégories :

- quelques uns des *produits de fission*²⁰, c'est-à-dire des atomes résultant de la cassure d'atomes fissiles²¹ en plusieurs atomes plus légers, sous l'impact d'un neutron,
- des atomes plus lourds que l'uranium, appelés *transuraniens*, formés à partir d'un atome d'uranium ou d'un autre transuraniens par capture d'un neutron : ce sont les atomes de neptunium (Np), de plutonium (Pu), d'américium (Am), de curium (Cm).

Commençons par les *produits de fission à vie longue*. Les travaux menés par diverses équipes scientifiques ont montré que leur transmutation n'est pas praticable. Il faudra se résoudre à les placer en stockage géologique. Si de l'eau, après des milliers d'années, parvenait à les extraire peu à peu des colis de déchets²², elle les lessiverait très progressivement et ensuite ils seraient entraînés par l'eau car ils sont chimiquement relativement mobiles. Heureusement, s'il en arrivait un jour (dans cent mille ans ?) à la surface au voisinage du stockage, il s'agirait de débits infinitésimaux, et ces atomes n'émettent que des rayonnements peu énergétiques. Leur impact serait négligeable par rapport à la radioactivité naturelle. Vous pouvez donc rassurer vos interlocuteurs.

Voyons maintenant les *transuraniens*. Les transmuter par des neutrons est *a priori* praticable. Cependant, les réacteurs actuels à neutrons thermiques, par exemple nos réacteurs à eau pressurisée, même avec des configurations spéciales des cœurs, ne peuvent réaliser qu'un travail bien imparfait en matière de réduction de la radiotoxicité des déchets par transmutation, pour deux raisons:

- La majorité des transuraniens ne sont pas fissionnés par les neutrons thermiques²³.
- En même temps que se produisent des fissions qui cassent des transuraniens, a lieu un phénomène concurrent : la capture de neutrons, qui produit de nouveaux atomes de transuraniens, et qui en produirait de plus en plus si l'on effectuait des recyclages successifs. Or la plupart des transuraniens sont des produits peu sympathiques à manipuler. Par ailleurs les captures consomment des neutrons sans dégager d'énergie comme le font les fissions. Fabriquer ces neutrons se fait en consommant du combustible et en produisant de nouveaux déchets²⁴. Louis Patarin rappelle *le sapeur Camember*²⁵ qui creusait un trou dans la cour de la caserne pour y placer la terre qu'on lui avait confiée, puis se trouvait bien embarrassé avec la terre du nouveau trou !

²⁰ le technétium 99, l'iode 129, le césium 135. Les autres produits de fission sont des atomes radioactifs à vie courte ou des atomes stables, c'est-à-dire non radioactifs.

²¹ uranium 235, plutonium 239 et 241

²² extrêmement lentement car leur matrice de verre ne se laisse pas dissoudre par l'eau

²³ Rappelons-nous que dans le cas du plutonium (qui pour nous n'est pas un déchet) seuls, les plutoniums 239 et 241 sont « fissionnés » convenablement par les neutrons thermiques. Restent les plutoniums 238, 240 et 242, non fissiles.

²⁴ d'ailleurs pas seulement des transuraniens, mais aussi les autres catégories de déchets radioactifs.

²⁵ Livre de Christophe

Les réacteurs à neutrons rapides²⁶ sont bien meilleurs à cet égard. La proportion de fissions, qui éliminent des atomes de transuraniens, par rapport aux captures, qui en produisent, est nettement meilleure. Et les réacteurs à neutrons rapides peuvent, eux, se nourrir de plutoniums 238, 240, 242 (on dit : plutoniums « pairs »), et des autres transuraniens. Certains les ont donc appelés « mange-tout », et pensent qu'on détiendra là le moyen de faire disparaître les atomes à vie longue les plus dangereux. La voie royale ! C'est presque vrai. Les réacteurs à neutrons rapides sont une très bonne solution. Cependant tout n'est pas parfait. En effet les transuraniens ne sont mangés, fissionnés que lentement par les neutrons rapides. Dans ces conditions pour consommer 90% des transuraniens de départ (mais faut-il être aussi ambitieux ?), il faudrait beaucoup d'années, donc beaucoup de cycles, c'est-à-dire des retraitements et recyclages successifs. A chaque cycle il faudrait fabriquer des éléments combustibles²⁷ contenant non seulement du plutonium, comme le Mox, mais aussi les autres transuraniens à fissionner, dont certains émettent des rayonnements gamma ou des neutrons très énergétiques, obligeant à travailler par télécommande²⁸. Vous le voyez, ce serait une stratégie d'entrepôts, de fabrications, d'irradiations et de retraitements sur au moins un siècle, avec des coûts assez considérables.²⁹

Il est bon ici de reparler du stockage géologique profond. Comment se comporteraient les transuraniens à supposer qu'on accepte qu'il en reste dans les déchets vitrifiés qu'on placera dans le stockage géologique final, mais qu'un jour toutes les protections disposées par nous dans le stockage soient vaincues par le temps et la nature ? Leurs propriétés chimiques les rendent peu mobiles dans les sols. Eh bien ces transuraniens, puisqu'ils sont très peu mobiles, n'auraient donc pas tendance à migrer vers la surface, ils resteraient sagement piégés en profondeur par l'argile ou le sol en général.

Vous pouvez donc expliquer que *les gens qui ne raisonnent que sur la radiotoxicité des déchets sans tenir compte de leur très faible mobilité à partir du stockage jusqu'à l'homme pénalisent l'énergie nucléaire d'une façon très discutable*. L'impact réel après migration jusqu'à la surface et jusqu'à l'homme (après des piégeages dans le sol et des dilutions dans l'environnement) est plus important à considérer que simplement la source concentrée et confinée dans le stockage.

Notons bien par ailleurs que, dans tous les cas de transmutation d'atomes à vie longue, on produirait des atomes radioactifs à vie courte beaucoup plus radioactifs, qu'il faudrait conditionner, transporter, entreposer, stocker, avec une radioprotection sérieuse.

En conclusion, il faudra se poser la question de savoir si « le jeu en vaut la chandelle » : s'il faut faire d'énormes efforts sur un très long délai pour faire

²⁶ Vous savez que l'avantage majeur de ces réacteurs est de valoriser l'uranium 238, composant principal (99,3%) de l'uranium naturel.

²⁷ certains de forme non classique

²⁸ Citons Louis Patarin : « Dans le cas français, en supposant une production électronucléaire du niveau actuel, on calcule que l'inventaire tournant ... monterait à environ 100 tonnes pour l'américium et 10 tonnes pour le curium ! Ceux qui ont manipulé ces éléments, par grammes, peuvent apprécier le défi. »

²⁹ Certains envisagent une autre stratégie : au lieu de recycler les transuraniens dans nos réacteurs qui produisent l'électricité, utiliser des réacteurs spécialement consacrés à la transmutation, appelés « réacteurs hybrides ». Un réacteur hybride est formé d'un accélérateur couplé à un réacteur à neutrons rapides. L'idée est très intéressante, mais la réalisation pose des problèmes qu'on n'est pas près de résoudre. Il n'est sans doute même pas nécessaire de parler de coût pour conclure.

disparaître des transuraniens. De toute façon, vu que les rendements ne sont jamais de 100%³⁰, il en restera toujours trop pour qu'on puisse se dispenser de stockages géologiques. Mais un progrès sera accompli lorsqu'on passera des réacteurs actuels à neutrons thermiques aux réacteurs à neutrons rapides, puisque, dans leur fonctionnement normal, ils réalisent la transmutation de certains atomes qui restent aujourd'hui dans les déchets.

[Retour au sommaire](#)

2.4 Le plutonium

Saisissons l'occasion pour parler un peu du plutonium. Un rapport de l'Agence de l'Energie Nucléaire de l'OCDE vient de sortir sur le sujet³¹. Il traite de questions très techniques ; mais les scénarios considérés montrent bien comment on envisage de se servir du plutonium dans les pays de l'OCDE, plus précisément dans les pays qui ont fait retraiter des éléments combustibles usés, et disposent donc de plutonium.

Dans tous les scénarios, il s'agit de l'utiliser pour sa valeur énergétique, bien sûr. Il y a toutes les options d'irradiation de combustibles Mox dans diverses sortes de réacteurs, ce qui montre que le Mox est une réalité industrielle.

Mais certains scénarios visent à consommer le plutonium le plus vite possible : moins on en a en stock, mieux on se porte, semblent dire les tenants de ces scénarios. Le cas des réacteurs à neutrons rapides n'est traité que sous cet angle-là. Cela se comprend, car le sujet du rapport, ce sont les options à moyen terme. Cependant, nous allons voir plus loin (à la fin de ce paragraphe, et §3.1) qu'on n'a peut-être pas raison de chercher à se débarrasser de ce plutonium : on va en avoir besoin un jour !

Les réacteurs rapides surgénérateurs, qui au contraire produisent (en même temps naturellement que de l'énergie) du plutonium à partir d'uranium 238, ne sont mentionnés dans le rapport de l'AEN que dans la conclusion. Il s'agit d'une option à long terme.

Cette conclusion dit aussi une autre chose qu'il nous paraît intéressant de retenir et de bien faire comprendre à nos interlocuteurs : un même réacteur à neutrons rapides peut, avec des changements faciles de disposition du combustible, servir soit en *consommateur de plutonium*, soit en *surgénérateur, générateur de plutonium à partir d'uranium 238*. Il peut aussi, d'ailleurs, servir à *transmuter des atomes radioactifs à vie longue contenus dans les déchets*, comme nous l'avons vu au paragraphe 2.3. On a cherché à étudier tout cela avec Superphénix, mais les antinucléaires ont raillé ses défenseurs comme s'ils manquaient de sérieux lorsqu'ils mettaient en avant des recherches dans ces trois voies pour des phases successives. Il est bien malheureux qu'on ait abandonné Superphénix, alors que maintenant les principaux pays, dont le nôtre, reprennent les études sur les réacteurs de ce type, une des options dans le cadre du Forum International Génération IV.

Dernier point sur le plutonium : lorsqu'on en viendra aux réacteurs à neutrons rapides, c'est d'une dizaine de tonnes de plutonium qu'on aura besoin pour approvisionner au démarrage un grand réacteur. On comprend alors la stratégie française : entreposer à La Hague une partie

³⁰ dans les opérations de séparation des diverses sortes d'atomes, préalables à la transmutation, et dans les opérations de transmutation

³¹ Plutonium Management in the Medium Term. A review by the OECD/NEA Working Party on the Physics of Plutonium Fuels and Innovative Fuel Cycles (WPPR) ISBN 93-64-02151-5

des combustibles usés³² pour les retraiter lorsqu'on aura besoin du plutonium pour alimenter les réacteurs à neutrons rapides qu'on construira le moment venu (génération IV).

[Retour au sommaire](#)

2.5 Démantèlement. Déconstruction

Le Figaro du 6 avril annonçait sous un titre ronflant : *Nucléaire : La fuite en avant* une émission sur France 5 intitulée *Centrales nucléaires : La déconstruction silencieuse*. Le ton de l'article manifeste une grande défiance. Relevons simplement cette phrase : « ... Les centrales devront être démantelées. Des opérations longues, coûteuses (environ 15% du prix de construction) et extrêmement risquées. »

Notre objectif, dans ce paragraphe, est de vous donner des éléments pour expliquer qu'une vaste expérience existe déjà, que les problèmes essentiels ont déjà reçu des solutions techniques, qu'il n'y a pas de risques inconsidérés, et qu'on est capable de faire des prévisions de coût. (Le chiffre cité de 15% est d'ailleurs correct.)

Tout le monde comprend le mot « démantèlement » pour une installation nucléaire. Dans le langage courant il désigne l'action de tout casser sans nécessairement beaucoup de soin et d'ordre. C'est sans doute pour cela que les spécialistes utilisent plutôt maintenant le mot de « déconstruction ». Il évoque quelque chose de planifié, autorisé, mené posément. A juste titre, car ramener une installation nucléaire de l'état de fonctionnement jusqu'au sol vierge³³ où l'on peut reconstruire n'importe quoi, c'est un programme qui n'a rien à voir avec la disparition des tours du quartier des Minguettes.

Venons-en au fond : il s'agit donc, en fin de vie d'une centrale, d'une usine ou d'un laboratoire, dans un environnement de radioactivité, de mener les opérations consistant à retirer le combustible lorsqu'il s'agit d'un réacteur ; de repérer les zones devenues plus ou moins radioactives par contamination ou par activation³⁴ ; de défaire posément l'équipement et les bâtiments ; de décontaminer les sols s'il y a lieu ; de classer et d'évacuer les déchets ; tout ceci sans que le personnel reçoive de doses de rayonnement, sauf minimales et sans danger. Suivant ce qu'il est décidé de faire du site après déconstruction, les critères de décontamination seront plus ou moins sévères, et on fixera un calendrier de déconstruction relativement lent (des dizaines d'années) pour bénéficier de la décroissance radioactive naturelle, ou plus rapide si l'on désire réutiliser le site assez vite. Commencer tôt présente aussi l'avantage que des personnels connaissant bien l'installation soient encore dans les lieux quand sont menées les opérations les plus délicates.

Lorsqu'on travaille avec les spécialistes de ces techniques, on s'aperçoit que ce sont des personnes imaginatives et organisées. Pour traiter les volumes marqués par l'activité nucléaire leur esprit est habitué à rechercher les mécanismes « simples » qui permettent au personnel de rester protégé des rayonnements et de la contamination. Ainsi ont été inventées toute une gamme de solutions à des problèmes qui, le plus souvent, vont se poser de même sur d'autres installations le jour venu. Là il est intéressant d'évoquer le rôle de l'Agence Internationale de

³² On retraite pour EDF environ 850 tonnes par an sur 1200. Les 350 tonnes restantes sont entreposées dans les piscines. Les antinucléaires critiquent volontiers cet entreposage, prétendant que ce sont des déchets ultimes et que La Hague n'a pas d'autorisation pour cela.

³³ si nécessaire

³⁴ L'activation est une sorte de transmutation d'atomes non radioactifs en atomes radioactifs sous l'effet d'un rayonnement de neutrons.

l'Energie Atomique, l'AIEA, pour diffuser la connaissance. Depuis les années 1980 elle a réuni des experts de divers pays pour partager leurs expériences. Son premier rapport technique remonte à 1985, et elle en a publié vingt autres depuis lors³⁵. Elle organise aussi des séminaires de formation. Le *Bulletin SFEN* n° 304 de janvier 2004 rend compte d'un congrès international qui a eu lieu en Avignon en décembre 2003 : « *Il n'y a pas de difficultés techniques majeures, même si ce sont des activités à réelle technicité. Les problèmes à résoudre sont bien connus et relèvent de l'efficacité industrielle pour des programmes de long terme : gestion des projets ; équilibre clair des responsabilités entre les parties prenantes³⁶ ; maîtrise des coûts et maintien des compétences.* »

Cela veut dire qu'on a déjà l'expérience, dans plusieurs pays, de la déconstruction de nombreux ateliers et laboratoires, et même de réacteurs.

Il est donc faux de dire, comme le font volontiers les antinucléaires, que le démantèlement (pardon, ...la déconstruction) des installations nucléaires réserve des difficultés considérables, et des dépenses impossibles à chiffrer aujourd'hui.

Concernant les coûts pour la déconstruction des centrales, l'Agence de l'Energie Nucléaire de l'OCDE publie³⁷ les résultats de ce qu'elle appelle son sondage, en fait plutôt une enquête. Elle a pu réunir, en interrogeant par écrit leurs responsables, les informations ou estimations sur la déconstruction de 45 réacteurs de 5 filières différentes. Si l'on excepte les réacteurs de notre ancienne filière « uranium naturel graphite gaz » (qui étaient énormes par rapport à nos réacteurs d'aujourd'hui à uranium enrichi), pour les autres types de réacteurs l'ordre de grandeur des coûts est de 350 dollars US par kilowatt électrique ; avec, il est vrai, une assez grande dispersion en fonction essentiellement de ce qu'on veut faire du site après la déconstruction, et des règles imposées par l'autorité de sûreté pour les déchets. On notera que, lorsqu'on conçoit et construit un nouveau réacteur aujourd'hui, on pense beaucoup plus à la déconstruction qu'on ne le faisait autrefois. Les coûts iront donc plutôt à la baisse, d'autant plus que l'on bénéficiera de l'effet de série, alors que l'étude de l'AEN a enregistré les données sur les tout premiers réacteurs « déconstruits », des prototypes en quelque sorte en matière de déconstruction !

Donc il est complètement faux de dire qu'on est dans le noir quant aux coûts. On est capable d'en faire des estimations sérieuses. Et on est capable de constituer des provisions en conséquence.

Quant au financement, le même principe s'applique que pour la gestion des déchets : il faut que l'entreprise concernée mette de côté chaque année de l'argent tant qu'elle exploite, tant qu'elle a des revenus. Il faut que l'argent soit réellement placé de façon sûre pour être bien disponible le jour venu³⁸.

Où l'industriel prend-il donc cet argent ? La réponse est simple :

³⁵ sans compter les publications moins travaillées que sont les TECDOC. Ces informations figurent dans l'article de Michele Laraia : *Decommissioning : Strategies and Programmes at the International Atomic Energy Agency*, *Revue Générale Nucléaire (RGN)* de décembre 2003.

³⁶ Le rôle de l'Autorité de Sûreté apparaît aussi essentiel que pour les phases de construction et d'exploitation des installations.

³⁷ Evelyn Bertel, Ted Lazo : *Politiques, stratégies et coûts de démantèlement : un tour d'horizon international*, *RGN* de décembre 2003.

³⁸ Certains ont accusé EDF de ne l'avoir pas fait correctement. *Remettre sur les rails* considère que l'analyse de telles assertions n'est pas son rôle, qui est d'expliquer.

Il facture petit à petit la somme à son client,

- la mine du Niger à son client EDF quand elle lui vend des concentrés et les livre à Comurhex,
- Comurhex à EDF quand elle livre de l'hexafluorure d'uranium naturel chez Eurodif,
- Eurodif à EDF quand elle livre de l'hexafluorure enrichi à FBFC,
- FBFC à EDF quand elle lui livre les éléments combustibles finis,
- COGEMA à EDF quand elle retraite ses éléments combustibles usés,
- EDF à nous tous quand elle nous vend des kilowatts-heures ; elle nous facture la quote-part des coûts de déconstruction de ses propres installations, et en plus nous répercute notre quote-part de toutes les sommes que lui ont facturées ses prestataires du cycle du combustible, énumérés ci-dessus.

Bien entendu, c'est la responsabilité de l'industriel de calculer combien il doit mettre de côté, donc combien il doit facturer à son client, en fonction, d'une part, de ce que la déconstruction va coûter le jour venu, et d'autre part de la durée d'exploitation prévisible de son usine, de sa centrale : à la fin de la vie de l'installation, l'entreprise doit avoir réuni les fonds nécessaires à sa déconstruction.

Donc il est bien vrai que ces coûts futurs sont inclus dans le prix de l'électricité.

En résumé, vous pouvez insister pour faire passer le message : nous ne laissons pas le démantèlement, pas plus que les déchets, à la charge des générations futures. Les industriels placent l'argent nécessaire pour assurer le financement lorsque l'installation arrivera en fin de vie. D'ailleurs, s'ils s'apercevaient un jour qu'ils n'ont pas mis assez de côté, il leur faudrait négocier avec leurs clients pour augmenter la somme qu'ils devraient leur facturer désormais jusqu'à la fin de la vie de l'usine ou de la centrale.

[Retour au sommaire](#)

2.6 Convention commune sur la sûreté de la gestion des combustibles usés et sur la sûreté de la gestion des déchets radioactifs

Nous avons promis, dans le numéro 13 de *Remettre sur les rails*, celui d'octobre 2003, de parler de cette Convention. Il nous semble que c'est le bon moment de le faire, avant de quitter ce sujet des déchets, et de la déconstruction qui en produit beaucoup.

Un rappel tout d'abord : une convention est un véritable traité entre états, ratifié par ceux qui s'y engagent. Celle-ci a été établie sous l'égide de l'AIEA. Le texte a été adopté en septembre 1997 par une conférence diplomatique, puis signée et ratifiée³⁹ par 34 pays, dont 25 ayant au moins une centrale nucléaire produisant de l'électricité. La Russie a signé, mais pas encore ratifié la convention. La convention est en vigueur depuis juin 2001⁴⁰.

Résumons : Les pays contractants s'engagent à utiliser de bonnes pratiques, en se préoccupant non seulement des personnels et populations d'aujourd'hui, mais aussi des générations futures. Ces bonnes pratiques portent naturellement sur le plan technique, mais aussi sur la définition des responsabilités (par exemple, l'autorité de sûreté doit être nécessairement indépendante des exploitants), sur la qualification et la formation des personnels, etc... Des réunions entre pays contractants ont lieu au moins tous les trois ans. Chaque pays doit y

³⁹ ratifiée, approuvée ou acceptée, ces pays devenant parties contractantes

⁴⁰ Le texte intégral peut être consulté sur le site de l'AIEA à l'adresse suivante :
<http://www.iaea.org/Publications/Documents/Conventions/index.html>

présenter sa politique et ses pratiques en matière de gestion des combustibles usés et de gestion de déchets radioactifs, la liste de ses installations et l'inventaire des combustibles usés et des déchets sur son territoire. Chaque pays a le droit de poser des questions aux autres.

En soi, qu'un pays prenne un engagement de cette nature, de présenter le tableau national sur ce vaste sujet, et d'accepter les questions, est une promesse de sérieux et de transparence. Il vous est assez facile de le faire comprendre.

[Retour au sommaire](#)

3. Remises sur les rails sur des sujets divers

3.1 L'EPR, inutile ?

Des hommes politiques, divers antinucléaires prétendent que la construction en France d'un EPR n'est pas utile, ou qu'on a tout son temps pour le faire.

Pourtant, nous avons expliqué dans notre numéro de février 2004⁴¹ qu'il n'est absolument pas raisonnable de parier

- que nos réacteurs actuels tiennent jusqu'à 60 ans, même si ce n'est pas exclu d'avance ; ou
- que des réacteurs de génération IV aient achevé leur mise au point industrielle lorsqu'il faudra mettre un terme à l'exploitation des réacteurs de notre parc actuel, sans doute à partir de 2020.

Réfléchissons à ce deuxième point : Bien des gens, et parmi eux les « sages » consultés par Madame Fontaine, ne réalisent pas que, pour mettre au point une *nouvelle* filière⁴² de réacteurs, on doit en général construire d'abord un réacteur (si ce n'est plusieurs) nettement plus petit que le réacteur industriel qu'on désire exploiter dans le futur ; et que même si ce n'était pas le cas pour une certaine option du programme Génération IV, c'est-à-dire si l'on construisait directement un gros réacteur, il faudrait, comme il est question de le faire pour l'EPR, construire en premier un prototype, et l'exploiter pour essuyer les plâtres, pour réaliser la mise au point industrielle, avant de lancer une série. Mais avec une nouvelle filière plus qu'avec l'EPR en raison même de la nouveauté, on risque de vivre une période où des défauts de jeunesse se manifesteront, demanderont des transformations. Il est très probable que le deuxième exemplaire sera quelque peu différent du premier. La période de mise au point industrielle sera donc considérablement plus longue qu'on ne la prévoit pour l'EPR. Voilà, pensons-nous, ce qu'il faut expliquer pour faire comprendre que les réacteurs de la génération IV ne devraient pas être au point avant 2035 au mieux pour le lancement d'une série.

On trouve d'ailleurs une illustration de ceci dans *Nucleonics Week* du 27 mai, au sujet de deux des options du programme Génération IV. M. Bugat, Administrateur Général du Commissariat à l'Energie Atomique, a donné les explications suivantes :

- Pour l'option des réacteurs rapides refroidis à l'hélium (GFR), il est envisagé d'abord un petit réacteur expérimental de 30 mégawatts thermiques⁴³, permettant une

⁴¹ Remettre sur les rails n° 14, §§ 2.3 et 2.5

⁴² Ce n'est pas le cas pour l'EPR.

⁴³ Cela veut dire qu'il ne s'agira pas de faire de l'électricité, que la puissance thermique dégagée sera de 30000 kilowatts. Pour les réacteurs qui produisent de l'électricité, on utilise aussi l'expression de mégawatts thermiques (MWth), puisque le réacteur produit en premier de la chaleur. Le passage de la puissance thermique à l'entrée des turbines à la puissance électrique récupérée dans l'alternateur se fait avec un rendement inférieur à 1, par

démonstration technologique : valider les éléments combustibles et les matériaux du cœur du réacteur (qu'il faut imaginer et fabriquer d'ici là) ; la conception de ce petit réacteur serait déterminée en 2006, sa définition complète serait achevée en 2009 et son lancement interviendrait après 2014 ; les options techniques d'un premier GFR « de démonstration » à l'échelle 1 seraient définies vers 2008-2010, pour une mise en service du réacteur vers 2022 ; c'est dix ans plus tard que ce qu'on prévoit pour l'EPR.

- Pour l'option des réacteurs à très haute température (VHTR), à neutrons thermiques refroidis à l'hélium, il est prévu (cf. paragraphe 1) la construction d'un premier réacteur (aux Etats-Unis) dont le démarrage interviendrait vers 2015-2017, dont les performances en termes de température et de puissance ne seraient pas encore ce que vise le programme « Génération IV » (en particulier pour la production d'hydrogène). Il faudrait ensuite, dit M. Bugat, envisager un deuxième réacteur VHTR de démonstration, par exemple en Europe.

Il y a enfin, pour construire des EPR avant les réacteurs de « génération IV », une raison que nous n'avons pas évoquée dans notre numéro 14 : les explications étaient déjà assez compliquées ! On ne la mentionne d'ailleurs jamais dans la presse. Pardonnez-nous si tout cela n'est pas très simple ! On a vu (à la fin du paragraphe 2.4) que pour constituer les premiers cœurs des réacteurs à neutrons rapides, il faut disposer d'une dizaine de tonnes de plutonium par réacteur. Si, comme on le pense aujourd'hui, les filières « génération IV » à neutrons rapides aboutissent à une construction en série, il faudra beaucoup de plutonium pour l'alimenter. Nous ne pourrions le fabriquer qu'avec des réacteurs à eau « légère »⁴⁴, avec retraitement des éléments combustibles usés. Certes, après un certain temps, les réacteurs à neutrons rapides produiront eux-mêmes assez de plutonium, à partir de l'uranium 238 qu'on mettra dans certaines zones de leur cœur, ils « s'autoalimenteront » ; mais il faudra plusieurs dizaines d'années pour atteindre l'équilibre. Et d'ici là, c'est-à-dire largement dans la deuxième moitié de ce siècle, on aura encore besoin des réacteurs à eau légère pour fournir du plutonium.

Il sera donc indispensable de construire des réacteurs modernes à eau légère avant et en parallèle avec la construction de réacteurs à neutrons rapides de « génération IV ». Et il nous faut un réacteur de démonstration prochainement.

Sur l'EPR, il y a aussi ceux qui ne contestent pas la nécessité d'un prototype, mais pensent qu'il n'est pas utile d'en construire un chez nous, qu'il suffit de bénéficier de l'expérience des Finlandais. Ceux-là non plus ne connaissent pas les réalités industrielles. Il faut être chez soi pour pouvoir librement critiquer, expérimenter, transformer, et surtout pour étudier les points propres à notre pays. Par exemple, la Finlande a l'intention d'utiliser son EPR en « base », alors que nous utilisons nos réacteurs nucléaires en « suivi de charge ». Suivre ce que font les Finlandais ne suffira donc pas.

Ainsi vous pouvez le confirmer : *il est indispensable de lancer aussi rapidement que possible la construction en France d'un réacteur EPR.*

Nous n'avons pas à rougir en reconnaissant que ce sera une bonne chose pour notre industrie. Pourquoi faudrait-il que ce soit scandaleux de prendre une décision qui permette d'y créer ou

exemple 0,34. Donc la puissance du réacteur exprimée en mégawatts électriques (MWe) utilisable sur le réseau est inférieure à la puissance thermique. C'est évidemment la puissance électrique qui nous intéresse.

⁴⁴ eau normale. On dit que nos réacteurs sont à eau légère, par opposition aux réacteurs à l'eau lourde, que construisent par exemple les Canadiens

d'y maintenir des emplois, alors qu'on reprocherait au gouvernement de ne pas le faire dans d'autres domaines ? Le maintien des compétences et la formation de jeunes dans nos techniques sont absolument essentiels. Les Etats-Unis, l'Allemagne et l'Italie souffrent déjà ou souffriront bientôt de ne pas y avoir veillé.

[Retour au sommaire](#)

3.2 La séquestration du carbone ? Non, du CO₂

Un article du *Figaro* du 16 avril évoquait la séquestration du carbone. Un retraité nous a demandé d'expliquer ce que cela veut dire.

En fait, il ne s'agit pas de séquestrer le carbone, mais le CO₂. L'idée est simple : les combustibles fossiles ont deux handicaps :

- celui d'être sur la Terre en quantité limitée,
- celui de produire du dioxyde de carbone – nous disions autrefois gaz carbonique -, du CO₂, gaz qui augmente l'effet de serre et contribue donc à modifier les climats.

On contournerait ce deuxième handicap si l'on pouvait faire disparaître ce CO₂ de l'atmosphère, ou plutôt éviter qu'il n'y soit rejeté. Pour cela il faudrait le capter, puis le « séquestrer » après l'avoir acheminé par pipe-line jusqu'au site adéquat. Naturellement on ne peut l'envisager que dans des conditions de prix compatibles avec le marché de l'énergie.

Si l'on ne voit pas comment il serait possible de capter le CO₂ du tuyau d'échappement de chaque voiture, on peut le concevoir dans les centrales thermiques, ou dans les installations industrielles consommant une quantité importante de combustible fossile. D'après *France – Soir* du 22 avril, « ...chaque année, les industries françaises rejettent 160 millions de tonnes de gaz carbonique, soit 40% des émissions totales dans l'Hexagone. » Jean-Marc Jancovici (*L'avenir climatique*, Seuil, éditions Science ouverte) évalue à 30% la quantité de CO₂ qu'on pourrait envisager de séquestrer.

Libération du 14 février donne beaucoup d'informations intéressantes :

La séquestration a été envisagée :

- dans des aquifères salins profonds, où la pression rend le CO₂ liquide,
- dans des gisements de gaz ou de pétrole déjà exploités. Un gros avantage du gisement de pétrole est qu'en réinjectant le CO₂ dans le sol, on recrée une pression dans la roche poreuse, pression qui peut déloger un supplément de pétrole⁴⁵. Un revenu vient donc en face d'une dépense. Il semble probable – si la séquestration du CO₂ se réalise un jour - que ce mode de stockage soit préféré, du moins par les pays disposant de gisements de pétrole. Citons encore *Libération* : « *Les Pays-Bas viennent d'entériner un projet de Gaz de France visant à prolonger de la sorte, à partir de 2005, un gisement au large des côtes néerlandaises.* »

En dehors des aspects techniques (en particulier, comment être sûr que le CO₂ ne soit pas rendu à l'atmosphère), il subsiste l'énorme écueil du coût : 50 à 100 dollars la tonne de CO₂

⁴⁵ *Libération* donne des chiffres : « ... après avoir récupéré un quart des 1,4 milliard de barils du gisement de Weyburn [au Canada], ... Encana a eu recours à cette technique , connue dans l'industrie depuis une vingtaine d'années. D'un coût de 700 millions d'euros, le projet doit prolonger la durée de vie de l'exploitation de vingt-cinq ans et fournir 130 millions de barils supplémentaires. Il doit surtout permettre de stocker dans les entrailles de la terre 21 millions de tonnes de gaz carbonique... ». Il semble d'après ces données qu'on ait ainsi libéré un supplément de pétrole de 37% par rapport à la quantité extraite sans l'aide du CO₂.

d'après *Libération*, 30 à 60 d'après *l'Express* du 8 mars. Sur les 50 à 100 USD/tonne⁴⁶, 80% serait le coût de capture dans les cheminées. Ces coûts sont beaucoup trop élevés⁴⁷, du moins s'ils ne sont pas compensés en évitant des pénalités, « *en donnant une valeur commerciale au gaz carbonique* », explique *Libération*. « *L'Union Européenne est sur la voie : elle a voté en juillet une directive instaurant un permis d'émissions négociables et prévoyant des pénalités de l'ordre de 40 euros la tonne dès 2005 en cas de dépassement des quotas d'émissions.* »

Restons donc extrêmement réservés quant à l'avenir de la séquestration du CO₂.

[Retour au sommaire](#)

3.3 Les éoliennes

Commençons cette brève évocation de l'éolien en relevant une perle. *Le Midi Libre* du 11 mai interviewe le PDG de la Compagnie du Vent, le plus gros opérateur éolien de la région. Celui-ci dit : « *Les gens qui s'opposent à ce moyen de production oublient que le facteur d'intermittence est hautement prévisible.* » On pourrait lui demander de dresser un tableau annonçant pour l'année suivante les heures sans vent suffisant pour que ses éoliennes fournissent de l'électricité ; et les heures avec vent trop fort, car ces machines ne fonctionnent pas avec des vents trop forts, de plus de 70 km/h.

Vous savez qu'une directive européenne prescrit que, dans chaque pays de l'Union, en 2010, 21% de l'électricité soit produit par des sources d'énergie renouvelable. Pour aider au démarrage des éoliennes en France, EDF est tenue de racheter à 0,08 euro tout kilowatt-heure produit par des fermes éoliennes de 12 mégawatts maximum, alors que le coût moyen pour les autres sources d'énergie est de 0,03 euro.

Cependant *Libération* du 23 mars écrit : « *Les éoliennes ne décollent pas malgré des conditions fiscales favorables.* » Même les écologistes ne sont pas tous d'accord pour soutenir ces projets puisque *l'AFP* le 25 février écrit : « *L'association écologiste Robin des Bois dénonce la ruée sur l'éolien.* » Dans *Le Figaro* du 5 avril un article est intitulé *Vent de fronde contre la construction d'éoliennes*.

Les gens n'aiment pas tellement en avoir près de chez eux. L'éolien « off shore », en mer, est beaucoup plus cher encore à produire que sur terre. Ce qui n'a pas arrangé les choses, c'est une deuxième chute d'éolienne, à Dunkerque (*La Voix du Nord* du 22 mars). Les huit autres qui se trouvaient à côté devraient être démontées. Les causes de la chute sont différentes de celle de la Saint-Sylvestre. Mais cette fois la presse commente. *La Voix du Nord* des 15 et 16 février écrit : « *L'expérience du Pas-de-Calais ... devrait servir de base à l'élaboration d'une législation éolienne dans les prochains mois. Une démarche destinée aussi à éviter les impairs dans le développement d'une nouvelle source d'énergie.* » L'article explique par ailleurs qu'un schéma régional éolien a été dessiné l'an dernier pour le Nord-Pas-de-Calais. « *Il prend en compte les contraintes urbaines, paysagères, l'impact environnemental, les couloirs de migration des oiseaux, la densité urbaine.* »

Les dernières nouvelles en France, de l'Assemblée Nationale, provoquent le désarroi des tenants de l'éolien. *Les Echos* du 2 juin titre : *Vent de fronde dans le secteur de l'éolien*. Des

⁴⁶ On trouve aussi des chiffres en dollars par tonne de carbone contenu dans le CO₂. Par exemple 150 USD/tonne de carbone équivaut à 150x(12/12+32)=41 USD/tonne de CO₂.

⁴⁷ Ils augmentent à mesure qu'augmentera le prix des combustibles fossiles, car la capture, le transport et l'injection du CO₂ sont des opérations « énergivores ».

amendements au projet de loi d'orientation sur les énergies ont été votés, qui donnent au maire et non plus au préfet la décision d'attribuer les permis de construire, et pire : *les maires doivent se conformer à l'avis de la Commission des sites, perspectives et paysages et à celui des communes voisines*. On n'en est qu'à la première lecture à l'Assemblée, les choses peuvent encore changer.

[Retour au sommaire](#)

3.4 Le transport de plutonium

Un mot d'abord sur les textes qui ont remplacé le décret mal venu « secret-défense », dont nous avons parlé dans nos deux précédents numéros. Ils semblent avoir été bien accueillis. Par exemple l'AFP le 4 mars communique : « *La Commission locale d'information de la centrale du Blayais (nord Gironde) a décidé de reprendre ses activités normales, se disant satisfaite des nouvelles dispositions sur l'application du secret-défense pour le nucléaire civil.* » Voilà un handicap inutile qui a sauté, et qui concernait tout particulièrement les transports de plutonium !

L'affaire dont toute la presse a parlé, c'est une étude commanditée par Greenpeace. Son auteur, John Large, qui a travaillé pour l'autorité de sûreté britannique dans le passé (*La Presse de la Manche* du 4 mars) se dit sidéré de ce qui se pratique en France. Il met en avant deux éléments principaux :

- Citant des experts américains : « *un accident causant de sérieux dommages pourrait provoquer le relâchement de 595 grammes de plutonium sous forme de particules aérosols de taille respirable, qui seraient donc inhalées par les populations* ». Alors que la France n'annonce dans ce cas qu'un risque minime : « *le plus grave accident considéré comme crédible ne conduit qu'au relâchement de 0,07 gramme* » (AFP le 3 mars).
- Dans un scénario qu'invente John Large, « *un incendie dans le tunnel de Versailles pourrait entraîner 600 à 11000 morts par cancer d'ici quinze à trente ans* » (*Le Parisien* le 4 mars). *France 2* le 3 mars cite un autre scénario d'où il résulterait entre 30 et 4000 décès près de Lyon.

Mais *Nuclear Fuel* du 14 mars analyse posément ces éléments :

- John Large et Greenpeace disent que, suivant leurs observations, les camions utilisés pour transporter le Pu en France ne sont guère plus que des semi-remorques commerciaux transportant des conteneurs ISO, beaucoup moins sûrs que les moyens utilisés aux Etats-Unis ; et ils supposent qu'il n'y a pas de place pour des blindages et dispositifs de verrouillage de sécurité vu que les conteneurs sont remplis de récipients contenant le Pu, jusqu'à dix contre trois au maximum aux Etats-Unis !
- Un directeur de la DGSNR⁴⁸ a expliqué que John Large avait utilisé des chiffres américains, valeurs empiriques ou valeurs enveloppes⁴⁹, tirés d'un document de 1977, jamais mis à jour, où les caractéristiques de l'emballage ne sont pas prises en compte.
- Les chiffres annoncés par la France, au contraire, sont basés sur le respect de la réglementation AIEA d'aujourd'hui, spécifiant les critères de performance des

⁴⁸ Direction Générale de la Sûreté Nucléaire et de la Radioprotection, française

⁴⁹ Quand on ne sait pas au juste quantifier quelque chose, on réfléchit : est-ce qu'il existe une valeur qu'on est sûr, par raisonnement, de ne jamais atteindre ou dépasser ? C'est une valeur enveloppe. Par exemple, si l'on prend un Français et qu'on ne sait pas quelle hauteur il saurait franchir au saut en hauteur, une valeur enveloppe serait le record du monde augmenté de 20 centimètres !

emballages. L’emballage FS47 a été testé : ses performances sont encore meilleures que ce qu’exige la réglementation de l’AIEA.

COGEMA a fini, le 19 mars, par prendre elle-même la parole, à la centrale du Blayais, en la personne du directeur délégué relations extérieures transport de COGEMA Logistics, M. Neau. Il a rassuré les néophytes. En plus du large respect de la réglementation internationale pour les emballages de type B (il a donné certaines caractéristiques des emballages, d’une masse de cent tonnes), il a évoqué le suivi par satellite, la police et la gendarmerie. « Tous les transports sont suivis en permanence. ... Il va de soi que l’autorité de tutelle tient compte de ce qui se passe dans l’actualité pour évaluer les risques et menaces, même les plus graves. »

[Retour au sommaire](#)

3.5 L’entreposage d’uranium appauvri à Bessines (cf. *Remettre sur les rails* n° 11, §3.5)

Commençons par un détail : en plusieurs circonstances la presse parle de l’U 308, comme si un nouvel isotope était apparu en plus des 235, 238 bien connus, 233, 234 et 236 beaucoup plus rares. Bien sûr, il faut lire U_3O_8 , le sesquioxyde d’uranium.

Presse Environnement du 27 mai titre : *L’entreposage d’uranium appauvri de nouveau sur la sellette*. Il s’agit des installations de Bessines-sur-Gartempe, dans la Haute-Vienne. Deux associations « écologistes » ont écrit au maire et au préfet.

- D’après elles, la poudre entreposée est particulièrement pyrophorique, ce qui veut dire qu’elle s’enflamme spontanément à l’air. C’est une affirmation ridicule : comment un oxyde dont la molécule est aussi chargée en oxygène peut-il encore s’oxyder à l’air ? Non, l’ U_3O_8 est stable.
- Les deux associations disent aussi que les installations n’ont pas été conçues contre les risques de malveillance. On peut répondre que la matière n’est pas contenue dans des fûts de 200 litres, mais dans des conteneurs en acier inox contenant 5 tonnes de produit : pas faciles à voler ! Et certainement ces conteneurs constituent, en cas d’attentat, un risque moins grand que n’importe quelle autre cible industrielle.
- Enfin, comme d’habitude, ces associations mettent en doute l’affirmation de COGEMA, suivant laquelle ces matières seront un jour recyclées, et les considéreraient volontiers comme des déchets ultimes. Mais si ! Cet uranium appauvri constitue une matière de grande valeur, pour le jour où les réacteurs à neutrons rapides prendront leur essor. Il faut attendre quelques années, mais le jour viendra et ce stock sera la mine qui alimentera la production d’énergie nucléaire pour des siècles !

[Retour au sommaire](#)

3.6 Contamination de la France suite à Tchernobyl

Une information très surprenante est donnée par l’AFP du 26 avril – mais elle est confirmée par ailleurs : La CRIIRAD, que nous connaissons bien, profite de la date anniversaire de l’accident de Tchernobyl, pour écrire une lettre ouverte au Premier Ministre : elle lui demande « de dissoudre le groupe de travail » chargé d’établir une nouvelle estimation de la contamination [de la France suite à Tchernobyl], sur mission ministérielle. Le président du groupe de travail est le Professeur André Aurengo⁵⁰, dont nous avons écouté plusieurs fois des conférences, et dont nous avons loué dans *Remettre sur les rails*⁵¹ la compétence et la hauteur

⁵⁰ polytechnicien, docteur ès sciences, docteur en médecine, chef du Service de médecine nucléaire à l’Hôpital de la Pitié-Salpêtrière. Il a soigné avec succès trente deux enfants de Tchernobyl atteints de cancer de la thyroïde.

⁵¹ *Remettre sur les rails* n° 10, §6.10

de vue. « .. la CRIIRAD dénonce plusieurs publications récentes, dont celle du Pr Aurengo, affirmant qu'elles « s'emploient à discréditer le travail scientifique » de l'Institut de radioprotection et de sûreté nucléaire (IRSN), établissement public, sur la contamination des sols de l'hexagone. »

Ce n'est pas, de notre part, prendre position contre l'IRSN, que de nous élever contre une demande visant à empêcher de s'exprimer le Professeur Aurengo et son groupe de travail.
