

## **ENERGIE ET CLIMAT : Le Nucléaire, un atout au service du développement durable**

*Une conférence de Philippe Pradel, directeur de l'Energie Nucléaire au CEA, le 27 mars 2006*

*Président de séance : Jean Zettwoog*

### **EXPOSE**

**Les besoins en énergie primaire**, qui étaient de l'ordre de 2 Gtep/an (milliards de tonnes équivalent-pétrole) vers 1950, avoisinent 10 aujourd'hui. Pour le siècle à venir les besoins estimés sont très différents, selon les hypothèses de croissance retenues :

- Dans l'hypothèse d'une croissance faible, sous fortes contraintes écologiques, les besoins annuels sont estimés à 15 en 2050, et 20 en 2100
- Dans l'hypothèse d'une croissance moyenne, ces besoins sont respectivement estimés à 20 en 2050 et 35 en 2100
- Dans l'hypothèse d'une croissance forte, sur le modèle de développement actuel, ils seraient à ces horizons de 25 et 45

**Les écarts de consommation énergétique** entre les différents pays sont considérables. Exprimés en tep/habitant/an, et pour une moyenne mondiale de 1,6 tep, ils varient de 0,2 pour l'Inde et 0,7 pour la Chine, à 3,8 pour l'Union Européenne, et 8,1 pour les USA.

**Les écarts d'émissions** de CO<sub>2</sub> sont légèrement moindres. Exprimés en tonnes de CO<sub>2</sub>/habitant, ils sont de 0,75 pour la Chine, 1,59 pour la France, 2,77 pour l'Allemagne, 5,46 pour les USA.

**L'énergie est un facteur de développement**, et le droit à l'énergie est un enjeu du G8. Un Afghan consomme 150 fois moins d'énergie qu'un Européen, et 20% de la population mondiale consomme 60% de l'énergie produite. Dans le monde aujourd'hui, 1,6 milliard de personnes sont encore sans électricité, principalement en Afrique, Asie, Amérique du sud.

**Les ressources en pétrole** sont très limitées (50 ans de consommation ?), et si **les ressources en charbon** sont plus importantes (200 ans de consommation ?), il est comme le pétrole générateur de CO<sub>2</sub>, et les technologies de capture-séquestration de CO<sub>2</sub> sont loin d'être opérationnelles, sans parler de leur coût.

**Les réserves d'uranium** prouvées sont bien réparties dans le monde. Estimées à 2,5 millions de tonnes, ces réserves sont susceptibles d'être multipliées par 50, via la surgénération. Enfin le coût de l'uranium pèse très peu dans le prix de revient du KW nucléaire, qui pourrait donc supporter une augmentation très importante de ce coût.

La France, la Suisse, et la Suède ont des **mix énergétiques** peu émetteurs de CO<sub>2</sub>, du fait d'une forte proportion du nucléaire (75% pour la France, 50% pour la Suisse et la Suède) et d'hydraulique. Si l'on observe la quantité de CO<sub>2</sub> rejeté par kWh produit, on obtient, exprimé en gC/kWh : environ 25 pour la France et la Suède, environ 170 pour la GB, l'Allemagne, les USA, et... 240 pour le Danemark, malgré ses éoliennes !

**Pour minimiser les émissions de CO<sub>2</sub>**, la politique énergétique à développer est donc très claire : augmenter la part électricité, et privilégier pour sa production l'énergie nucléaire et les énergies renouvelables.

**Le coût de production du kWh nucléaire** est bas et stable, comparé aux autres sources de production. Sur la base de chiffres 2001, et exprimés en Euros/MWh, ces coûts étaient les suivants : de 28 à 30 pour le nucléaire, de 32 à 35 pour le charbon et le gaz à cycle combiné, de 60 à 70 pour l'éolien, supérieur à 450 pour le photovoltaïque.

Les écarts seraient encore plus importants aujourd'hui, du fait de l'augmentation des prix du pétrole et du gaz. De plus, si le coût du kWh nucléaire est un coût complet, incluant le coût du retraitement, de la gestion des déchets, et du démantèlement futur des centrales, les coûts des énergies fossiles n'intègrent pas les coûts externes liés aux émissions de CO<sub>2</sub>.

Les besoins en énergie des pays émergents ont donc **relancé des programmes de développement du nucléaire** à l'horizon 2020 :

- Aux USA : +50 GWe d'ici 2020
- En Chine : +30 GWe d'ici 2020
- En Inde : passage d'une capacité installée de 2,5 à 20 GWe d'ici 2020
- Au Japon : +21 GWe d'ici 2012
- En Russie : +20 GWe d'ici 2020
- En Finlande : construction d'un 5<sup>ème</sup> réacteur (technologie française)
- En France : construction d'un réacteur EPR

Le développement du nucléaire pose la question de **la gestion des déchets**. En France, on est entré en 1991 dans une réflexion sur 15 ans, qui arrive à son terme, et qui s'articule autour de 3 axes de recherche complémentaires :

- La séparation poussée+tri+transmutation : on sait maintenant recycler les actinides mineurs
- La réduction de volume des déchets non recyclables : le volume des déchets non recyclables augmente 10 fois moins vite qu'envisagé en 91.  
La durée de vie des entrepôts industriels récents peut atteindre 100 ans. En matière de colis de déchets, les résultats français sont devenus des standards internationaux
- Le stockage souterrain des déchets ultimes

Une prochaine loi va préciser le contrat de responsabilité entre le producteur du "colis" de déchets, le gestionnaire du stockage, et l'Etat.

Le scénario actuel de **principe de renouvellement du parc français** est le suivant :

- Stabilité de la puissance installée autour des 63 GWe actuels
- Extension de la durée de vie des réacteurs actuels, dits de "Génération II", au-delà des 40 ans prévus à l'origine
- Début du remplacement des réacteurs actuels vers 2020, par des réacteurs EPR d'abord (dits de "Génération III"), puis vers 2040 par des réacteurs à neutrons rapides dits de "Génération IV"

Il y a 4 ans sous l'impulsion des USA un groupe de 10 pays s'est constitué, le **"Forum International Génération IV"**, pour réfléchir aux systèmes nucléaires du futur. Ce groupe comprend : la France, le Royaume-Uni, l'Union Européenne, la Suisse, les USA, le Canada, le Brésil, l'Argentine, l'Afrique du sud, la Corée du sud, le Japon. La réflexion doit prendre en considération 5 critères fondamentaux : la sûreté, la compétitivité économique, l'optimisation des ressources naturelles, la minimisation de la production des déchets, la résistance à la prolifération et aux agressions externes.

Six concepts innovants ont été définis en commun, qui plus ou moins répondent tous aux critères ci-dessus, chaque pays travaillant sur un ou plusieurs concepts :

1. Réacteur rapide au sodium
2. Réacteur rapide au plomb
3. Réacteur rapide à gaz
4. Réacteur à très haute température
5. Réacteur à eau supercritique
6. Réacteurs à sels fondus

La France travaille sur les concepts 1 et 3, tout en continuant la recherche d'innovations pour les réacteurs à eau, qui resteront utilisés durant une bonne partie du 21<sup>ème</sup> siècle. Elle travaille aussi sur la définition de technologies pour la production d'hydrogène et la fourniture de chaleur à très haute température (réacteurs à très haute température – partenariat AREVA et EDF).

En février 2006 le Président Bush a présenté l'initiative "**Global Nuclear Energy Partnership-GNEP**", consistant à proposer une vaste coopération internationale pour le partage des recherches, et des coûts, pour une énergie nucléaire sûre et propre, basée en fait sur les éléments et les critères du Forum génération IV.

**En conclusion, l'énergie nucléaire, après une pause, se développe de nouveau. Un nucléaire durable, économique, propre et sûr, est possible.**

**Le nucléaire est un atout pour le développement durable, et c'est un domaine d'excellence pour la France.**

### **QUESTIONS – REPOSES**

**Q1-** Que deviennent les déchets russes et chinois ?

**R1-** Techniquement c'est la vitrification, d'origine française, qui est unanimement retenue par tous les pays, même si tous les pays n'atteignent pas le niveau d'exemplarité de la France en matière de gestion des déchets, parfois par manque d'implication financière suffisante, comme en Russie

**Q2-** Qu'entend t'on exactement par démantèlement ?

**R2-** Ce qui est prévu, c'est de faire en sorte qu'on fasse place à de nouvelles constructions nucléaires sur le même site

**Q3-** Avec les réacteurs rapides, vous dites que l'on peut multiplier par 50 le taux d'utilisation actuel de l'uranium naturel. Pourquoi pas 100 fois ?

**R3-** Oui, pourquoi pas ? 50 est une valeur minimale

**Q4-** Dans les différents concepts retenus, je n'ai pas vu l'adjectif rapide accolé à la très haute température ?

**R4-** Pour l'instant les réacteurs à gaz rapides, c'est déjà 850 °C, mais rien n'interdit d'aller au-delà, plus tard.

**Q5-** Qu'en est t'il du retraitement des déchets par laser mégajoule?

**R5-** Dans sa version actuelle, il a vocation à simuler des fusions mais pas à traiter des déchets

**Q6-** Où en est le développement de l'HTR (haute température à gaz ?)

**R6-** Aujourd'hui le HTR est plutôt vu pour les faibles et moyennes puissances

**Q7-** Pourquoi la filière rapide est-elle si intéressante ?

**R7-** Parce qu'elle permet d'utiliser 100% de l'uranium, au lieu de 1% aujourd'hui

**Q8-** Pourquoi la France a t'elle retenu d'étudier les concepts 1 et 3 ?

**R8-** Parce qu'aujourd'hui on ne sait pas dire quelle sera la meilleure solution. La filière 1 au sodium est plus facile à maîtriser, mais la filière 3 à gaz est plus prometteuse. Il faut laisser ouvert le champ des possibles.

**Q9-** L'intensité capitalistique de l'éolien paraît élevée ?

**R9-** Oui, elle l'est

**Q10-** Au Danemark, y a-t-il un projet pour se passer du charbon ?

**R10-** Non

**Q11-** Le coût du voltaïque est très élevé, mais il n'y a pas besoin de réseau ?

**R11-** C'est exact, c'est pourquoi le voltaïque peut être utilisé dans quelques cas très précis ou le coût de la jonction au réseau serait prohibitif

**Q12-** Que pensez-vous de la décision US de prolonger à 60 ans la durée de vie de leurs centrales ?

**R12-** Une durée US de 60 ans, qui inclut la durée de la construction, équivaut à une durée française de 55 ans, qui l'exclut. En France les plus anciennes centrales pourront durer 40 ans, et les plus récentes 55 à 60 ans

**Q13-** Y aura t'il une gouvernance financière d'état pour s'assurer que les fonds prévus pour le démantèlement seront disponibles le moment venu ?

**R13-** La loi que j'ai évoquée, qui va être discutée début avril, demandera aux producteurs de prévoir des actifs dédiés pour le démantèlement. Ces actifs seront gérés par un Comité spécial, mais qui restera interne à l'entreprise

**Q14-** Dans le contexte général de privatisation croissante, quel avenir pour le nucléaire ?

**R14-** En Allemagne, il y a plus de 20 réacteurs, et seulement des sociétés privées; ça n'empêche pas l'Etat de fixer les règles de gestion

**Q15-** Pensez-vous qu'en Allemagne, ils vont vraiment arrêter le nucléaire ?

**R15-** Non, je pense qu'ils vont relancer le nucléaire

**Q16-** Le charbon propre, une énergie d'avenir ?

**R16-** La séquestration du CO2 est un problème difficile, coûteux et qui n'avance pas très vite

**Q17-** Pour super phénix, était-ce une erreur de le détruire, ou de le construire ?

**R17-** Il venait de fonctionner de façon continue pendant un an quand il a été décidé de l'arrêter, et ça a été clairement une erreur. Phénix s'arrêtera en 2009, et pendant les 10 années suivantes, on n'aura rien de semblable. C'est dommage !

**Q18-** Quelle est la probabilité d'un accident grave sur un réacteur ?

**R18-** Quasiment nulle sur un réacteur bien conçu et bien exploité

**Q19-** Quid des réacteurs de type Tchernobyl ?

**R19-** Il y en a encore, mais leur gestion en est meilleure grâce à la coopération internationale.

**Q20-** Quid des actes terroristes ?

**R20-** L'EPR en tient compte dans la définition des épaisseurs béton. On peut aussi travailler sur les difficultés d'accès

**Q21-** Greenpeace sera-t-il aussi virulent vis-à-vis du plan US ?

**R21-** D'une façon générale, il y aura moins d'attitudes sectaires à l'avenir, car les anti-nucléaires prennent progressivement conscience qu'il y a un vrai problème de l'énergie

*Compte rendu établi par Hervé Cueff (E62)*