Les cahiers de

GLOBAL CHANCE

Faire l'économie du nucléaire?

Un rapport récent relance le débat

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

N° 13 - Novembre 2000 - ISSN 1270-377X - 80 F

Global Chance
Association loi de 1901
à but non lucratif
(statuts sur simple demande)
41 rue Rouget de Lisle
92150 Suresnes
global-chance@wanadoo.fr

Sommaire

Synthèse et lecture critique du rapport au Premier ministre 5
Etude économique prospective de la filière électrique nucléaire
Bernard Laponche

Réactions en chaîne lors de la sortie du rapport 26
Erreurs, approximations et contrevérités

Interviews à froid sur un sujet brûlant 34
Entretiens réalisés par Claire Weill et Yves Marignac

Bernard Tinturier
Bertrand Barré
Yves Le Bars
Henri Catz
Serge Perez
Benjamin Dessus
Alain Lipietz

Glossaire 93

Bibliographie 96

Le Conseil d'Administration
de Global Chance
est composé de :

Michel COLOMBIER
Ingénieur et économiste
Secrétaire de l'Association
Benjamin DESSUS
Ingénieur et économiste
Président de l'Association
Yves MARIGNAC
Consultant scientifique
François PHARABOD
Ingénieur chercheur
Trésorier de l'Association
Béatrice QUENAULT
Economiste
Jean-Claude RAY
Biophysicien

Les cahiers de
Global Chance n° 13
Novembre 2000

Directeur de la publication :
Benjamin DESSUS
Rédaction:
Yves Marignac
François Pharabod
Claire Weill
Maquette: Ivan PHARABOD
Imprimerie: N.R.J.B.-Montmorency

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

Editorial

L'année 2000 a été fertile en rapports officiels concernant l'énergie et l'environnement : Plan de lutte français contre le réchauffement climatique de la Mission interministérielle de l'effet de serre, Rapport au premier Ministre sur la filière nucléaire, rapport Cochet sur l'efficacité énergétique et les énergies renouvelables sont venus nous rappeler l'importance des problèmes d'énergie pour la France et leurs impacts sur l'environnement.

Global Chance avait donc primitivement envisagé de présenter et discuter l'ensemble de ces rapports dans le présent numéro. Nous nous sommes rapidement rendu compte que notre ambition était trop vaste et que mieux valait nous consacrer à l'un d'entre eux tout d'abord, le rapport nucléaire, et reporter au début de l'année prochaine l'analyse des autres. Cela nous a paru d'autant plus pertinent que trois événements sont venus ou vont venir modifier la donne en cette fin d'année : l'augmentation très rapide des prix pétroliers avec ses conséquences politiques et sociales, la conférence COP 6 de la Convention Climat à La Haye qui vient de terminer ses travaux, et l'annonce du programme d'efficacité énergétique national demandé par le Premier Ministre à Madame Voynet.

Nous consacrerons donc notre prochain numéro à cet ensemble de questions.

Mais revenons à notre propos d'aujourd'hui. Le 9 décembre 1998, le Gouvernement précisait un certain nombre d'orientations de sa politique nucléaire : confirmation du soutien à l'énergie nucléaire mais “dans le même temps, il est nécessaire de préparer une réelle diversification des ressources car la part du nucléaire est destinée à diminuer par rapport aux niveaux actuels”, renforcement des efforts de recherche sur le “cycle nucléaire” et plus particulièrement les déchets, respect du principe de précaution. évolution des modalités de contrôle et de transparence “pour tout ce qui touche à la sûreté des installations et à l'impact sur la santé”. Les points saillants du relevé de conclusion étaient la décision de construire le laboratoire souterrain de Bure pour les recherches sur le stockage des déchets radioactifs (et de lancer la recherche d'un deuxième site en couche granitique) et le lancement de la préparation de la loi sur le système français de radioprotection, de contrôle et de sécurité nucléaire (ou sur la “transparence nucléaire”).

Dans les décisions relatives à l'aval du cycle, apparaissait un paragraphe qui marquait, de façon discrète, un profond changement dans l'attitude d'un gouvernement français vis-à-vis de la filière nucléaire : “Afin de pouvoir évaluer les coûts de l'aval du cycle, le Gouvernement décide de confier à trois personnalités une étude sur les données économiques de l'ensemble de la filière nucléaire, y compris le retraitement, au regard des autres sources d'énergie et compte tenu des différentes hypothèses contenues dans le rapport du Plan “Energie 2010” ainsi que de la conjoncture énergétique internationale”. Pour la

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

première fois en France, l'évaluation économique du nucléaire sortait de façon officielle du cercle étroit et fermé de ses promoteurs.

Quelques mois plus tard, par lettre de mission du 7 mai 1999, le Premier ministre confiait à Jean-Michel Charpin, Benjamin Dessus et René Pellat “l'étude sur les données économiques de l'ensemble de la filière nucléaire”.

Cette demande d'étude s'inscrit dans une actualité qui s'est révélée vivace depuis l'entrée en fonctions du gouvernement Jospin. On peut y déceler deux raisons : la première est que pas mal “d'évènements” significatifs ont eu lieu, la seconde, et ce n'est pas le moindre mérite de ce gouvernement, est que la chape de plomb qui recouvrait l'information sur les questions nucléaires s'est indéniablement soulevée (certains diront un tout petit peu), en grande partie grâce aux efforts constants de Dominique Voynet et à une certaine résurrection de l'action militante, les deux n'étant d'ailleurs pas sans lien.

Ces “évènements” se sont produits dans tous les secteurs de la filière nucléaire : contamination des transports de combustibles irradiés, fissures dans les enceintes de la centrale de Belleville, immobilisation pendant près d'un an du palier N4, flambant neuf, à cause d'une erreur de conception dans le circuit de refroidissement à l'arrêt, fuites à répétition sur la canalisation de La Hague, atelier plutonium de Cadarache qui s'avère à haut risque, effets désastreux de la tempête sur la centrale du Blayais, défaillances à répétition de la radioprotection, dysfonctionnements jusqu'au scandale de Dampierre... on en oublie certainement. Tout cela ponctuant des dossiers lourds, âprement discutés sur l'EPR (dont la décision semblait acquise en 1998), l'usine Melox et ses autorisations, l'introduction du MOX dans de nouveaux réacteurs (qui ne se fera sans doute jamais), la préparation de la loi de “transparence nucléaire”, les laboratoires souterrains, les défauts de l'application de la loi de 1991 sur le renvoi des déchets issus du retraitement, les enquêtes publiques sur l'usine de La Hague et le centre de stockage de la Manche... Avec en toile de fond la lente régression du nucléaire, le point d'orgue en étant ces années-là l'annonce à l'automne 98 par le nouveau gouvernement allemand de “l'abandon du nucléaire” qui, malgré de difficiles négociations, se confirme dans la pratique, avec ses conséquences sur l'activité française du retraitement et, pour la première fois, une baisse certaine de l'arrogance du “lobby nucléaire”. Mais aussi avec la remontée brutale des coûts du pétrole au cours de l'année 2000 que les promoteurs du nucléaire exploitent avec délectation mais sans beaucoup de discernement car c'est la question des transports qui est posée, beaucoup plus que celle de la production de l'électricité.

Le rapport Charpin-Dessus-Pellat arrive donc a point nommé pour mettre les choses à plat et procéder à un classement nécessaire de ce qui est acquis et de ce qui doit continuer à être discuté. Tout cela va être présenté de façon détaillée dans ce numéro de Global Chance et largement commenté par un vaste éventail d'intervenants. Mais, au-delà du rapport lui-même dont une synthèse et des commentaires sont présentés dans ce numéro, il nous a paru intéressant d'analyser les réactions qu'il suscite dans le milieu dirigeant nucléaire.

Trois attitudes assez nettement tranchées se dégagent.

Certains – c'était flagrant lors du colloque sur l'énergie organisé le 17 octobre dans les locaux de l'Assemblée natio-

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

nale – continuent à faire comme si de rien n'était et à affirmer avec aplomb les mêmes contrevérités qu'auparavant, par exemple que la filière “MOX + retraitement” n'est pas plus chère que la filière sans retraitement ou qu'elle réduit considérablement la quantité de déchets radioactifs. Leur nombre n'est pas considérable mais ce sont souvent les plus haut placés : ils n'ont probablement pas lu le rapport et se contentent de suivre un conseil en communication qui sait qu'un mensonge affirmé par une personnalité fait, pendant un certain temps, figure de vérité : Charpak, ignorantissimus sur les questions énergétiques tout en étant prix Nobel de physique, a fait des émules.

Au niveau en dessous (selon la pyramide hiérarchique), se trouvent pas mal de gens qui connaissent effectivement le nucléaire, qui ont lu le rapport et répugnent au mensonge flagrant. Leur attitude est plus souple et se révèle lorsque la conversation est plus détendue. Elle peut se résumer ainsi : “Voyons, le rapport Charpin-Dessus-Pellat n'apporte pas grand-chose : nous, du nucléaire, nous savons depuis longtemps :

- qu'il n'y a aucune urgence à construire un EPR, si tant est que ce type de réacteur soit approprié;
- que “retraitement + MOX” est nettement plus cher que “sans retraitement”;
- que le retraitement n'est pas une réponse à la question des déchets...”

Le plus fort, c'est qu'ils sont en général sincères : mais, bon sang, pourquoi ont-ils toujours prétendu le contraire ? Personne n'a quand même osé dire qu'il avait prôné depuis longtemps les économies d'électricité comme étant la voie la plus économique (encore qu'un Syrota eut pu le dire sans forfanterie). Cela n'est pas nouveau : nombreux sont ceux de ce milieu qui déclarent aujourd'hui qu'ils avaient toujours pensé qu'il ne fallait pas construire Superphenix (ni la centrale de Civaux).

Certains enfin, malheureusement beaucoup plus rares il est vrai, et généralement moins hauts placés dans la hiérarchie des décideurs mais plus proches des réalités de terrain, prennent acte des principaux acquis du rapport quitte à en discuter plus à fond les hypothèses et les conclusions et tentent d'apporter des réponses techniques et économiques aux questions soulevées.

C'est avec eux que le dialogue nous intéresse au premier chef, ne serait-ce que pour nous assurer que les questions sociales qui vont évidemment se poser du fait de l'évolution inéluctable du nucléaire (même dans les “scénarios” qui lui sont le plus favorable) ne soient pas laissées de côté par des dirigeants pratiquant la méthode Coué à défaut de stratégie.

Brossée rapidement, l'attitude majoritaire du milieu nucléaire peut paraître risible et digne de Molière. L'ennui est que cela révèle une drôle de mentalité et ne peut malheureusement que renforcer une méfiance générale vis-à-vis de gens qui sont en général des scientifiques et des ingénieurs compétents. Cela traduit aussi la confiscation par un petit nombre de décisions qui relèvent du choix citoyen, notamment sur le niveau de risque acceptable en regard des avantages apportés par une technique particulière.

On frémit de penser que le jour où il y aura un accident très grave, les mêmes déclareront avec candeur qu'ils avaient toujours pensé que cela se passerait un jour.

Si un seul message pouvait leur être adressé par ce numéro de Global Chance, ce pourrait être :

“S'il vous plaît, essayez tout simplement de dire ce que vous savez et ce que vous pensez et cessez de cacher ce que vous ne savez pas”.

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

Synthèse et lecture critique

Bernard Laponche

Rapport au Premier ministre

Etude économique prospective de la filière électrique nucléaire

Introduction

Le Gouvernement a demandé à Messieurs Jean-Michel Charpin, Commissaire au Plan, Benjamin Dessus, Directeur du programme Ecodev-CNRS, René Pellat, Haut Commissaire à l'énergie atomique, de « *réaliser une étude sur les données économiques de l'ensemble de la filière nucléaire, notamment l'aval du cycle du combustible nucléaire, y compris le retraitement* »[1].

Il s'est écoulé un an et demi entre l'annonce de principe de la mission, en comité interministériel du 9 décembre 1998, et sa conclusion. Le rapport final, intitulé « Étude économique prospective de la filière électrique nucléaire » a été présenté par ses auteurs au Premier ministre, puis à la presse le 28 juillet 2000.

Cette étude est constituée de cinq chapitres et de neuf annexes; elle est sous-tendue par des rapports particuliers d'experts notamment sur la prospective technologique relative aux usages et à la production de l'électricité ainsi que sur le parc nucléaire actuel.

Nous procédons dans le présent document de synthèse à un double exercice : d'une part rapporter de façon concise mais la plus fidèle possible les principaux éléments et résultats de l'étude, d'autre part exprimer un certain nombre de commentaires d'appréciation personnelle. Nous espérons ne pas avoir trahi cette étude à bien des égards remarquable et qui marque en tout cas une date dans l'histoire de la politique nucléaire française par sa clarté, sa compétence et le refus de toute « langue de bois ». Ce jugement d'ensemble positif n'empêchant pas un certain nombre de critiques essentiellement formulées dans la dernière partie de cet exposé.

Le présent article est constitué de cinq parties : les quatres premières sont des synthèses de l'étude tandis que la dernière est réservée à des « commentaires ».

Cet article évitera à certains la lecture de l'étude complète qui demande un travail important et donc du temps, mais ce que

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

nous espérons surtout c'est que notre contribution incitera beaucoup à lire cette étude[2], ce que nous recommandons fortement : une synthèse, même bien faite et saisissant l'essentiel d'une étude, supprime une grande quantité de raisonnements, d'informations et de résultats et par conséquent en appauvrit considérablement l'apport.

L'héritage du passé

Les évaluations prospectives perdent souvent de leur force en ignorant la situation réelle à leur point d'origine. Toute analyse des options énergétiques futures en France ne peut faire abstraction de l'héritage que constitue, quelque valeur qu'on lui accorde, le parc de 58 réacteurs dont elle s'est équipée en un quart de siècle. Le chapitre 1 présente brièvement le programme électronucléaire français depuis ses origines, puis établit le bilan matières et le bilan économique associés au parc actuel de centrales nucléaires, jusqu'en 2050.

Si la période 1977–1998 est une reconstruction du passé, la période 1999–2050 donne lieu à différents scénarios selon les hypothèses concernant la durée de vie des centrales et le sort réservé aux combustibles irradiés en sortie du réacteur : retraitement ou non. Ces hypothèses s'appuient sur deux parti-pris très forts :

- d'une part, l'hypothèse d'une prolongation de la durée de vie du parc au-delà de la durée de 30 années généralement retenue comme référence devient centrale, la variation portant simplement sur 10 % de plus ou non pour une durée de vie portée de toutes façons, en moyenne[3], au-delà de 40 ans;
- d'autre part, l'hypothèse d'un maintien du retraitement jusqu'en 2010 au minimum[4].

Six scénarios S1 à S6 sont présentés, ainsi qu'un scénario S7 (en annexe), scénario fictif dans lequel l'option retraitement eut été écartée dès le début du programme.

Les scénarios S1 à S6 sont définis dans le tableau suivant (tableau 1).

Le bilan économique

Le bilan économique est établi en dépenses cumulées (calculées en francs 1999, mais non actualisées) depuis 1977 et jusqu'en 2050 pour les principaux postes suivants :

- les investissements (construction, démantèlement, R & D pour les centrales nucléaires);
- l'exploitation (incluant les dépenses de jouvence nécessaires à l'extension de la durée de vie du parc);
- l'amont de la filière combustible (uranium naturel, conversion, enrichissement, fabrication de l'UOX);
- l'aval de la filière combustible (retraitement, MOX, entreposage, démantèlement d'UP2-800);
- la fin de la filière combustible (stockage des déchets B et C, stockage des combustibles irradiés UOX et MOX non retraités).

Les principaux résultats globaux de ce bilan sont les suivants :

- Du fait de la différence de production d'électricité liée à la durée de vie, le coût moyen du kWh est plus élevé de 5 % environ pour les scénarios S1 à S3 que pour les scénarios S4 à S6 (15,2 centimes par kWh pour S2 comparé à 14,4 pour S5).
- Les dépenses cumulées par poste se répartissent approximativement de la façon suivante dans l'ensemble des scénarios :

- investissements des centrales : 25 %
- exploitation : 43 %
- amont de la filière combustible : 20 %
- aval et fin de la filière combustible : 12 %

Cette répartition est importante. Elle montre que, contrairement à l'idée reçue, le coût dominant

Tableau 1.

Durée de vie moyenne des centrales	41 ans	45 ans
Arrêt du retraitement en 2010	S1	S4
Retraitement partiel et 20 tranches avec MOX	S2	S5
Retraitement à 100 % et 28 tranches avec MOX	S3	S6

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

n'est pas l'investissement (25 %) mais l'exploitation (43 %), tandis que le coût total de la filière combustible, y compris la fin, se situe à 32 %.

- Les éléments les plus intéressants et les plus nouveaux du bilan économique concernent la question du retraitement (et de l'utilisation du MOX qui lui est liée).
- Le scénario "fictif" S7, sans retraitement, a été établi pour une durée de vie des centrales de 45 ans; il est donc comparable à S4, S5 et S6. La comparaison du coût total traduit en coût moyen du kWh produit donne un avantage net à S7 : 13,7 c/kWh à comparer à 14,3 pour S4, 14,4 pour S5 et 14,5 pour S6.
- La différence porte évidemment sur les dépenses liées à la filière combustible qui s'établissent comme suit, en milliards de francs et suivant le scénario (tableau 2) :

- Entre le scénario (fictif) S7 sans retraitement et le scénario S6 (retraitement à 100 % et "moxage" maximum), la différence est de 134 milliards de francs, soit 3 milliards de francs par an (45 ans de durée de vie).
- Si l'on se place dans les scénarios alternatifs à partir de la situation réelle actuelle, on voit que le scénario au coût le moins élevé est S4 (arrêt du retraitement en 2010), suivi de S5 (retraitement partiel et MOX dans 20 tranches : c'est-à-dire prolongement de la situation actuelle), et de S6 (retraitement à 100 %, MOX dans 28 tranches).
- La différence entre les trois scénarios "réels" doit être appréciée sur la période 1999–2049, pour la filière combustible (tableau 3) :

Le surcoût de l'aval de la filière combustible (retraitement + MOX) n'est pas compensé par la réduction du coût de l'amont.

- Le scénario S5 correspond à la poursuite de la situation actuelle; la comparaison montre qu'il y aurait perte économique à passer de S5 à S6 en augmentant la quantité de combustible retraité et le nombre de tranches utilisant du MOX.
- Par contre la réduction, voire l'arrêt du retraitement et du MOX vont dans le sens de la réduction du coût.
- La séparation entre S4 et S5 se faisant en 2010, la différence de coût de 22 milliards se rapporte à une période de 30 ans : l'arrêt du retraitement représenterait donc une économie moyenne d'environ 730 millions par an[5] (tableau 4).

Les bilans matières

Les bilans matières ont été calculés pour les différents scénarios. Ils portent sur les besoins en uranium naturel, les capacités d'enrichissement et de fabrication des combustibles (UOX et MOX), les quantités produites d'uranium appauvri, de combustibles irradiés, d'uranium de retraitement, de plutonium et des différentes catégories de déchets.

L'amont de la filière combustible

La différenciation des scénarios n'a pas de conséquences majeures sur l'amont de la filière combustible. En particulier, les besoins cumulés en uranium naturel varient de 5 % entre les scénarios d'arrêt du retraitement en 2010 (S1 et S4) et les scénarios à 28 tranches utilisant le MOX (S3 et S6) qui constituent, rappelons-le, le maximum du "moxage" possible du parc nucléaire.

Tableau 2.

S4	S5	S6	S7
909	931	948	814

Tableau 3.

	S4	S5	S6
Amont filière combustible 1999-2049	331	318	307
Aval filière combustible 1999-2049	102	139	170
Fin de la filière combustible	112	110	107
Total	545	567	584

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

L'aval de la filière combustible

La question du bilan matières du retraitement des combustibles irradiés est une question centrale.

Le plutonium

Le retraitement des combustibles irradiés est une technique qui a été développée pour extraire le plutonium des combustibles irradiés, d'abord à des fins militaires (explosif de la "bombe atomique"), puis à des fins civiles (combustible du surgénérateur). Les usines de retraitement ont été appelées "Usines Plutonium" : UP1 à Marcoule, UP2-400 puis UP2-800 et UP3 à la Hague.

Ces deux utilisations du plutonium n'étant plus d'actualité, une nouvelle doctrine a été élaborée pour justifier le retraitement : l'utilisation du plutonium extrait des combustibles irradiés comme élément constitutif de nouveaux combustibles (MOX) permettrait de réduire considérablement la quantité de plutonium qui devra être stockée définitivement. Cet argument est développé dans l'encadré de la page 33 du rapport (extrait de "L'énergie nucléaire en 110 questions" de la DGEMP[6]).

Le rapport était donc particulièrement attendu sur ce point.

Le résultat du rapport en tonnes de plutonium et américium non séparés (donc contenus

Tableau 4.

	Durée de vie moyenne						
	41 ans			45 ans			
Scénarios	S1 Arrêt retraitement 2010	S2 Retraitement partiel UOX 20 réacteurs moxés	S3 Retraitement partiel UOX 28 réacteurs moxés	S4 Arrêt retraitement 2010	S5 Retraitement total UOX 20 réacteurs moxés	S6 Retraitement total UOX 28 réacteurs moxés	S7 (2) Fictif Aucun retraitement
Production électrique TWh	18.111	18.111	18.111	20.238	20.238	20.238	20.238
Bilan Matière							
U naturel (kilotonnes)	415	407	398	460	447	437	475
UOX retraité (ktonnes)	15,0	22,4	31,1	15,0	26,2	36,1	0,0
Pu séparé réutilisé (tonnes)	146	230	327	146	275	387	0
UOX irradié (ktonnes)	36,2	28,0	18,4	41,0	28,6	17,6	58,3
MOX irradié (ktonnes)	2,0	3,0	4,1	2,0	3,5	4,8	0,0
Contenu Pu (4) (tonnes)	542	512	476	602	555	514	667
Déchets B (m3)	31.786	33.811	36.564	31.786	34.825	38.091	20.000
• d'exploitation	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000	20.000
• du retraitement	11.786	13.811	16.564	11.786	14.825	18.091	0
Déchets C (m3)	1.600	2.695	3.974	1.601	3.325	4.808	0
Bilan Économique							
Dépenses totales (GF)	2.740	2.752	2.768	2.888	2.910	2.927	2.763
• Investissement	682	682	682	682	682	682	652 (3)
• Exploitation	1.210	1.210	1.210	1.297	1.297	1.297	1.297
• Cycle	848	860	876	909	931	948	814
- Amont	555	546	537	602	589	578	611
- Aval	190	213	240	195	232	263	86
- Fin	103	101	99	112	110	107	116
Coût moyen du kWh (1) (cts)	15,13	15,20	15,28	14,27	14,38	14,46	13,65

(1) Francs constants 1999 - Coûts moyens non actualisés calculés à partir d'une dépense globale sur toute la période de production du parc existant.
(2) Scénario rétrospectif correspondant au fonctionnement du parc actuel sans retraitement depuis son origine en 1977.
(3) La différence d'investissement entre S1 à S6 et S7 est due à la déduction de 30 GF de R&D affectée à l'aval du cycle.
(4) Contenu en plutonium (plus son dérivé l'américium) des combustibles UOX et MOX irradiés non retraités en fin d'exercice.

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

dans les combustibles irradiés non retraités) est présenté dans le tableau 5.
(notons que l'étude se place dans le cas d'un retraitement “optimal” incluant les rebuts de l'usine Melox qui sont importants).

Les combustibles irradiés et les déchets

Le bilan des combustibles irradiés et des déchets est lui, beaucoup plus contrasté.
Dans le scénario (fictif) S7, il n'y aurait que des combustibles irradiés UOX à stocker : 58 000 tonnes.
Cette quantité diminue à 41 000 dans S4, 29 000 dans S5 et 18 000 dans S6 tandis que la quantité de combustibles irradiés MOX à stocker passe respectivement de 0 dans S7 à 2000 dans S4, 3 500 dans S5, 4 800 dans S6.
Diminution des volumes et des masses donc, mais augmentation des dégagements thermiques et des temps de refroidissement avant stockage définitif pour le MOX.
Contraste également pour les déchets B issus du retraitement : 12 000 m^3 dans S4 (arrêt du retraitement en 2010) contre 18 000 m^3 dans S6.
Et pour les déchets C : 4 800 m^3 dans le scénario S6, contre 1 600 m^3 dans S4.

Conclusion

Voilà l'essentiel de ce que nous apporte le chapitre 1. Ce n'est pas rien, car si nous admettons les résultats qui sont présentés, nous pouvons en déduire :

- La répartition par grands postes du coût moyen du kWh sur la durée de vie d'une centrale nucléaire s'établit à 43 % pour l'exploitation, 32 % pour le combustible et 25 % pour l'investissement.
- Tous les scénarios envisagés montrent que l'option “retraitement + MOX” a un coût économique plus élevé que l'option “non retraitement”. L'arrêt du retraitement en 2010 est une option plus économique que la poursuite des pratiques actuelles (retraitement + MOX).
- L'option “retraitement + MOX” n'entraîne pas d'économies d'uranium naturel significatives. Par rapport à l'option d'arrêt du retraitement en 2010, le scénario de poursuite du retraitement et du MOX selon le schéma actuel ne représente qu'une diminution de moins de 10 % du plutonium devant être stocké définitivement (dans les combustibles irradiés).

La situation internationale

Ce chapitre relativement court peut être divisé en deux parties distinctes :

- une analyse de situation sur les parcs électronucléaires dans le monde, les différents modes de gestion des combustibles usés et les programmes de recherche et développement;
- la présentation de la prise en compte des problèmes d'environnement à l'échelle internationale, l'accent étant mis sur le parallélisme entre la question du contrôle des émissions de CO_2 majoritairement dues aux systèmes énergétiques (aggravation de l'effet de serre) et celle de la gestion à long terme des déchets radioactifs.

L'électronucléaire dans le monde

La première partie comporte un bref historique de l'évolution de l'électronucléaire dans le monde et de la situation actuelle des différentes filières de réacteurs nucléaires, ainsi que des techniques de gestion des combustibles usés.
Des éléments intéressants sont apportés sur l'âge des différents parcs nucléaires et les prévisions d'arrêts définitifs : 45 % du parc nucléaire actuellement en fonctionnement devrait être arrêté sur la période 2000–2020.
Pour ce qui concerne la gestion des combustibles usés, la dynamique d'abandon du

Tableau 5.

Durée de vie : 41 ans			Durée de vie : 45 ans			
S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7
542	512	476	602	555	514	667

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

retraitement à l'échelle mondiale est clairement présentée. Notons que le chapitre est complété par l'Annexe 3 qui traite du "retraitement recyclage" au plan international et montre la situation de plus en plus minoritaire de cette stratégie parmi les pays producteurs d'électricité nucléaire.
Les éléments apportés sur les programmes de recherche et développement sont très (trop) succincts. Ils mettent toutefois en évidence la disproportion des efforts entre le nucléaire et les autres sources d'énergie (notamment efficacité énergétique et énergies renouvelables). On regrette que les données relatives aux programmes de l'Union Européenne ne soient pas fournies.

L'environnement à l'échelle mondiale

La deuxième partie traite des problèmes d'environnement à l'échelle mondiale. Il s'agit d'examiner de quelle façon la comparaison des différents risques globaux peut être effectuée, des difficultés multiples d'appréciation étant liées d'une part à l'extrême diversité de ces risques et d'autre part à leur étalement dans le temps.
Sont examinées :

- la gestion des ressources (épuisement des ressources fossiles et fissiles, dont l'usage abusif des sols);
- la sécurité (accidents majeurs, prolifération nucléaire);
- l'accumulation de sous-produits nocifs ou dangereux au-delà d'un certain seuil (gaz à effet de serre, déchets nucléaires).

Le chapitre est complété par les Annexes 4 (la prolifération), 5 (la sûreté nucléaire), 7 (prise en compte des externalités), 9 (l'assurance du risque nucléaire civil).
Ce chapitre fait le point de la question du traitement du risque sur le plan méthodologique et montre les limites actuelles des outils utilisés et des résultats obtenus ainsi que la taille des marges d'incertitude pour la prise en compte du risque – surtout à long terme – dans les évaluations économiques.
L'idée la plus originale développée dans ce chapitre est le parallélisme proposé en ce qui concerne l'application du principe de précaution vis-à-vis des risques liés aux émissions des gaz à effet de serre et de ceux liés à l'accumulation des déchets radioactifs à vie longue.

Remarque

Le lecteur reste un peu sur sa faim sur la question du nucléaire et de l'effet de serre.
En effet, si les réacteurs nucléaires n'émettent pas de gaz à effet de serre, il n'en est pas de même des industries de la filière du combustible nucléaire : extraction, transport et traitement du minerai d'uranium, transformation chimique des matériaux fissiles et enrichissement de l'uranium, traitement des combustibles irradiés.
Une annexe précise sur cette question eut été la bienvenue.

Les perspectives technologiques pour l'usage et la production d'électricité

Ce chapitre est un chapitre de transition qui fournit les bases techniques des scénarios de prospective qui feront l'objet des chapitres 4 et 5 qui constituent le cœur de l'étude. Il présente un résumé des deux études de prospective technologique qui ont été réalisées à la demande des auteurs du rapport.
Le chapitre est divisé en deux parties : la première relative aux technologies de maîtrise de la demande d'électricité, la seconde aux technologies de production d'électricité.
Bien que son importance soit soulignée par les scénarios qui vont suivre, la première partie reste relativement succincte et classique; les innovations scientifiques à venir apparaissent plutôt dans le transport de l'électricité que dans son utilisation elle-même.
On notera cependant (page 106) un paragraphe dont les implications pourraient être considérables mais qui reste insuffisamment développé ou exploité par la suite :
"*Plus précisément, si la consommation électrique d'une maison équipée de manière conventionnelle est en moyenne pour les usages captifs de 2500 à 3000 kWh par an aujourd'hui en France, d'un point de vue purement technique cette consommation pourrait être réduite jusqu'à 700 kWh, sans*

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

diminuer pour autant le degré de confort de l'usager. Ceci suppose que l'on fasse appel à des technologies que l'on sait être disponibles dans les prochaines années".

De façon générale, le contenu de cette partie relative aux technologies d'utilisation de l'électricité laisse à penser que des scénarios à demande d'électricité plus basse que ce qui est indiqué dans le rapport sont parfaitement envisageables.

La seconde partie consacrée aux technologies de production est beaucoup plus développée. Une telle disproportion est habituelle et ne nous surprend pas outre mesure mais elle illustre la permanence d'un état d'esprit plus facilement orienté vers la production et ses performances technologiques que vers la maîtrise de l'énergie.

Sont passées en revue les perspectives d'évolution technologiques des diverses filières nucléaires (réacteurs et combustibles) actuellement envisagées et à des stades divers d'études, de conception et d'évaluations techniques et économiques ainsi que les technologies de production d'électricité d'origine fossile et renouvelable.

On note cependant que l'examen des technologies utilisant les énergies renouvelables est relativement succinct dans ce chapitre et se limite essentiellement aux aérogénérateurs. Du côté nucléaire, l'analyse porte sur les réacteurs et l'ensemble du cycle combustible, « *avec le triple objectif d'une amélioration de la compétitivité économique des filières, d'une réduction significative de l'inventaire radiologique des déchets à haute activité et à longue durée de vie (en particulier, minimisation de la production de déchets ultimes ou de combustibles usés) et d'une maîtrise des quantités de plutonium, dans le cycle du combustible et dans les combustibles usés hors cycle* ». Le réacteur EPR est étudié avec différents types de combustibles, ainsi que deux filières "émergentes", RHR1 et RHR2 (réacteurs à haut rendement de première et deuxième génération) qui en sont encore au stade de la recherche.

Du côté non nucléaire, les techniques de production dite "centralisée" (alimentant le réseau de transport de 400 kV ou 225 kV) ou "non centralisée" (en dessous de 225 kV) sont présentées. Dans cet ensemble, les centrales à cycle combiné (juxtaposition d'une turbine à gaz et d'une turbine à vapeur) au gaz naturel devraient occuper une position prééminente pour assurer les besoins électriques de base ou de semi-base dans les scénarios qui ne retiennent pas un remplacement du parc nucléaire par du nucléaire. Outre son faible coût d'investissement, le grand avantage de cette technologie réside dans son rendement qui devrait encore augmenter de 55 % aujourd'hui à 65 % en 2040.

Des scénarios prospectifs pour la France et leur bilan économique

Les chapitres 4 et 5 constituent la partie la plus importante et la plus novatrice de l'étude économique de la filière électrique nucléaire. Les auteurs ont présenté dans deux chapitres distincts la description des scénarios et leurs résultats en termes physiques (bilans matière, chapitre 4) et la présentation de leur bilan économique (chapitre 5). Notre approche synthétique vise à extraire les points forts des résultats de l'étude qui sont essentiellement de caractère économique : notre présentation portera donc ici sur les deux chapitres traités ensemble.

L'étude présente au total sept scénarios techniques qui se distinguent par les niveaux de demande d'énergie et d'électricité et par les techniques utilisées pour la production d'électricité. Du point de vue économique, chaque scénario se traduit par un ensemble de dépenses qui se distinguent pour un même scénario suivant les différentes hypothèses d'évolution des prix des combustibles fossiles.

Deux scénarios de demande d'énergie à l'horizon 2050

Pour ce qui concerne la demande d'énergie et d'électricité, deux scénarios sont étudiés pour la période 1998–2050. Ils ont en commun l'évolution démographique et les taux de croissance économique. Ils correspondent respectivement aux scénarios S2 et S3 du rapport "Energie 2010–2020" du Commissariat

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

Général du Plan pour la période 1998–2020 (croissance moyenne du PIB de 2,3 % par an), puis aux scénarios retenus par l'IIASA pour la région Europe au-delà (croissance moyenne du PIB de 1,6 % par an).

Les deux scénarios différent par conséquent essentiellement par les modes d'utilisation de l'énergie (notamment dans les transports) et par le degré de maîtrise des consommations d'énergie et notamment d'électricité.

Ce qu'il est essentiel de noter est que la réponse aux besoins de "services requérant de l'énergie" (confort, déplacements, production de biens et de services) est assurée de la même façon dans les deux scénarios de demande.

Les deux scénarios de demande retenus sont :

- Un scénario haut (H) de "forte consommation énergétique" pour lequel la demande totale d'énergie primaire (hors usages énergétiques) serait de 325 Mtep en 2050 (à comparer à 210 Mtep en 1998) et la consommation finale d'électricité de 720 TWh en 2050 (à comparer à 364 TWh en 1997).
- Un scénario bas (B) de "faible consommation énergétique" pour lequel la demande totale d'énergie primaire serait de 225 Mtep et la consommation d'électricité de 535 TWh en 2050.

Les scénarios H et B vont devenir chacun une "famille" de scénarios" (H1, 2, 3; B2, 3, 4 et B4–30) en fonction des options sur la production d'électricité.

Les dépenses totales

De façon assez paradoxale, le résultat le plus important de l'étude commanditée par le Premier ministre n'a rien à voir avec la filière nucléaire et ses perspectives : dans tous les cas de figure, l'ensemble des dépenses liées aux scénarios étudiés est inférieur pour la famille des scénarios à basse demande d'électricité à celui de la famille des scénarios à haute demande d'électricité.

Ainsi, dans l'hypothèse de stabilité des prix des combustibles fossiles, la dépense moyenne des scénarios à basse demande d'électricité (soit environ 4 300 milliards de francs sur la période 2000–2050) dégage une économie de 718 milliards de francs sur la période par rapport à la dépense moyenne des scénarios à haute demande d'électricité, soit en moyenne 14,5 milliards par an. Le scénario le plus cher de la famille B est 9 % au dessous du scénario le moins cher de la famille H.

Cette différence en faveur des scénarios B se maintient pratiquement constante sur la moyenne des scénarios quel que soit le coût des combustibles : 715 milliards de francs dans l'hypothèse "déconnexion" (augmentation des prix du gaz malgré un prix stable du pétrole) et 691 milliards de francs dans l'hypothèse "tension" (indexation du prix du gaz sur un prix élevé du pétrole).

Ce n'est que dans ce dernier cas que le scénario B le plus cher est le seul scénario B situé au-dessus (de 7 %) du scénario H le moins cher.

Le coût du kWh

L'étude compare dans le chapitre 5 les coûts unitaires (par kWh) de l'électricité produite dans les différents scénarios en rapportant le coût total actualisé de chaque scénario au nombre total actualisé de kWh produits. Ce coût unitaire correspond au prix implicite auquel il faudrait vendre chaque kWh si l'on voulait récupérer, sous forme de recettes actualisées, les coûts actualisés supportés.

Les résultats sont présentés pour la période 2020–2050 dans la mesure où les parcs sont les mêmes dans tous les scénarios (à l'exception de B4-30) jusqu'à 2020.

Il est tout à fait remarquable que les scénarios à haute demande électrique (H) font apparaître des coûts moyens actualisés du kWh systématiquement supérieurs aux coûts du kWh des scénarios à demande faible ayant même structure de production, dans les trois hypothèses d'évolution des coûts des combustibles fossiles : avantage de B3 sur H3 de 4 à 8 %, avantage de B2 sur H2 de 3 % à 4 %, avantage de B4 sur H1 de 2 à 4 %.

Ce résultat est tout à fait intéressant : non seulement la dépense totale est plus faible en cas de maîtrise de la demande d'électricité, mais également (bien que la différence soit

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

évidemment plus faible) le coût du kWh. Ce résultat correspond au fait que le coût du kWh a été calculé en tenant compte des dépenses en aval et en amont de la stricte production d'électricité (notamment des dépenses sur les réseaux de transport de gaz et d'électricité).

Cette méthode originale et très instructive mérite d'être approfondie avec des données plus précises (notamment pour ce qui concerne les coûts comparés du kWh en cas de production centralisée ou de production décentralisée).

Commentaire

- De tels résultats font d'autant plus regretter la relative brièveté de l'étude sur la maîtrise de la demande d'électricité qui s'avère, sur le plan économique, un objectif majeur des politiques énergétiques à mettre en œuvre sur les cinquante prochaines années, quelles que soient les orientations sur l'offre d'énergie.
- L'argument économique est considérablement renforcé par les considérations écologiques. En effet, lorsque nous comparons les différents scénarios d'offre d'électricité, nous pouvons constater les différences entre scénarios B et H dont les structures d'offre sont similaires.

Ainsi, dans les scénarios H2 et B2 qui sont comparables en structure d'offre les émissions cumulées entre 2000 et 2050 sont :

- pour le carbone : 30% inférieurs dans B;

- pour les transuraniens : 10% inférieurs dans B.

D'autre part, les questions qui peuvent se poser sur la sécurité d'approvisionnement (notamment du gaz naturel) renforcent évidemment l'intérêt des scénarios de type B.

- Nous noterons enfin que l'étude approfondie des potentiels et des conditions de mise en œuvre de la maîtrise de la demande d'électricité n'était pas l'un des objectifs premiers assignés à cette étude concernant au premier chef la filière nucléaire. Il n'est donc pas étonnant de constater la relative timidité des scénarios dits de "basse consommation d'électricité" en regard des potentiels techniques qui sont fournis dans le rapport lui-même. On peut s'étonner en particulier du maintien dans tous les scénarios d'une forte consommation pour le chauffage électrique.

Les scénarios de fourniture d'électricité

Les scénarios

Les scénarios de demande H et B sont subdivisés en scénarios d'offre d'électricité correspondant à des politiques industrielles et environnementales contrastées se traduisant par des proportions variables des différentes techniques de production de l'électricité, en fait essentiellement de la filière nucléaire (sous différentes formes) et de la filière du cycle combiné au gaz naturel.

Concernant l'évolution du nucléaire, l'hypothèse centrale de l'étude est une durée de vie moyenne des tranches nucléaires de 45 ans pour l'ensemble des six scénarios H1, H2, H3 et B2, B3, B4 et de 30 ans pour le scénario B4-30.

Il n'est pas facile de résumer la présentation déjà synthétique de l'étude. Nous essayerons d'en extraire l'essentiel sans en déformer l'esprit.

Nous caractérisons d'abord chaque scénario par ses aspects dominants tout au long de la période.

Scénarios H

Production d'électricité "haute" (tableau 6) Trois scénarios de fourniture d'électricité :

H1 : non renouvellement du parc nucléaire actuel par du nucléaire; les cycles combinés au gaz naturel (CCGN) compensent les capacités des réacteurs nucléaires au fur et à mesure de leur fermeture.

H2 : maintien du nucléaire pour la production en base (50% de la fourniture sur le réseau de grand transport); donc nouveaux équipements nucléaires à partir de 2030; développement des CCGN.

H3 : maintien à haut niveau du nucléaire (70% en 2050); donc mise en place de nouveaux équipements nucléaires à partir de 2025.

Dans les scénarios H, les combustibles irradiés sont retraités jusqu'à la fin de vie des réacteurs.

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

Les parts de production des différentes filières sont indiquées dans le tableau 7 (en%).

Scénarios B

Production d'électricité “basse” (tableau 8) Quatre scénarios de fourniture d'électricité :
B2 : maintien du nucléaire pour la production en base (50% de la fourniture eu réseau de grand transport); donc nouveaux équipements nucléaires à partir de 2030 ou 2035. Développement progressif des CCGN.
B3 : maintien à haut niveau du nucléaire (environ 60% en 2050); donc importants nouveaux équipements à partir de 2030 ou 2035. Très faible développement des CCGN.
B4 : non renouvellement du parc nucléaire par du nucléaire à la fin de vie des réacteurs (45 ans). Le relais est pris par les CCGN. Effort sur l'éolien.

B4-30 : même scénario, mais arrêt des réacteurs nucléaires à 30 ans.

Dans B2 et B3 les combustibles irradiés sont retraités; dans B4 et B4-30 on arrête le retraitement en 2010.

Les parts de production des différentes filières sont indiquées dans le tableau 9 (en%).

Du point de vue de la structure du parc électrique, les différents scénarios B sont donc comparables dans leurs grandes lignes aux scénarios H (B2 à H2, B3 à H3, B4 et B4-30 à H1).

D'autre part, l'offre d'électricité possède dans les scénarios H comme dans les B une capacité de production d'électricité décentralisée (ne transitant pas par le réseau de grand transport) de 100 TWh en fin de période.

Tableau 6.

Année	1995	2020	2035	2030	2040	2050
TWh	471	551	672	629	715	795

Tableau 7.

	1995	2020 *	2035			2050		
			H1	H2	H3	H1	H2	H3
Nucléaire	76 %	68	27	45	69	0	44	70
CCGN	0 %	5	46	28	4	73	29	3
Auto-cogénération	2 %	7	10	10	10	13	13	13
Eolien	0 %	1	1	2	1	1	2	1
Hydraulique (74 TWh)	16 %	13	11	11	11	9	9	9
Autres	6 %	6	5	4	5	4	3	4

* Scénario S2 du Plan

Tableau 8.

Années	1995	2020	2030	2035	2040	2050
TWh	471	494	523	542	560	592

Tableau 9.

	1995	2020 *		2035				2050			
		B2,3,4	B4-30	B2	B3	B4	B4-30	B2	B3	B4	B4-30
Nucléaire	76	68	17	43	58	34	0	42	56	0	0
CCGN	0	0	49	22	7	24	58	21	7	50	50
Auto-cogen	2	11	11	14	14	19	19	17	17	26	26
Eolien	0	3	3	4	4	4	4	4	3	5	5
Hydraulique	16	15	15	14	14	14	14	13	13	13	13
Autres	6	3	5	3	3	5	5	3	4	6	6

* Scénario S3 du Plan

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

Dans le scénario B4-30, cette quantité atteint 150 TWh.

Chaque scénario étant ainsi caractérisé, on peut passer au stade des comparaisons économiques.

Les comparaisons économiques

Celles-ci sont relativement complexes et on doit se référer pour les comprendre au tableau 11 qui fournit le cumul de l'ensemble des dépenses liées aux scénarios, en distinguant les quatre principaux postes de dépenses (investissement, exploitation, combustibles, recherche et développement), pour les différentes hypothèses d'évolution des prix des combustibles fossiles sur la période 2000 – 2050 (tableau 10).

Les dépenses sont ainsi classées en trois rubriques principales :

- les investissements : capacités électriques, gazoducs, renforcement des réseaux électriques, capacités de fabrication des combustibles nucléaires, usines de retraitement, capacités d'entreposage ou de stockage, etc.);
- les dépenses de combustibles : achats aux frontières ou aux producteurs nationaux de charbon, de gaz naturel, de fuel, de combustible nucléaire);
- les dépenses d'exploitation autres que les dépenses de combustibles : entretien, exploitation, etc.

Tableau 10.

	1999	2010	2020	2050
Prix du pétrole US dollar 99/ baril				
1. Stabilité	17,4	20	20	20
2. Tension	17,4	28	30	**40**
Prix du gaz naturel US dollar 99/Mbtu				
1.1 Connexion	2,8	3,2	3,2	3,2
1.2 Déconnexion	2,8	3,4	3,6	4,5
2.1 Connexion	2,8	4,5	4,7	6

Tableau 11.

GF	H1	H2	H3	B2	B3	B4	B4 30
Stabilité							
Investissement	1 665	1 996	2 232	1 627	1 715	1 392	1 351
Exploitation	1 236	1 382	1 545	1 266	1 322	1 164	884
Combustibles	1 968	1 581	1 142	1 249	1 092	1 549	2 230
R & D	120	146	146	146	146	120	86
Total	4989	5105	5065	4288	4275	4225	4551
Déconnexion							
Investissement	1 665	1 996	2 232	1 627	1 715	1 392	1 351
Exploitation	1 236	1 382	1 545	1 266	1 322	1 164	884
Combustibles	2 449	1 892	1 296	1 483	1 266	1 905	2 739
R & D	120	146	146	146	146	120	86
Total	5470	5416	5219	4522	4449	4581	5060
Tension							
Investissement	1 665	1 996	2 232	1 627	1 715	1 392	1 351
Exploitation	1 236	1 382	1 545	1 266	1 322	1 164	884
Combustibles	3 121	2 357	1 545	1 840	1 543	2 415	3 537
R & D	120	146	146	146	146	120	86
Total	6142	5881	5468	4 879	4726	5091	5858

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

La rubrique R & D correspond aux dépenses de l'Etat en recherche et développement dans le secteur de l'électricité (utilisation et production) d'origine nucléaire et non nucléaire.

Nous avons commenté dans la première partie de ce chapitre la comparaison entre les familles de scénarios à “haute” (H) et “faible” (B) demande d'électricité qui montre l'intérêt économique des scénarios B. Nous nous intéressons donc ici aux différences liées à la structure du parc de production et à l'évolution des prix des combustibles fossiles.

Les résultats essentiels sur le total des dépenses sont les suivants :

- Dans l'hypothèse de “stabilité” des coûts des combustibles fossiles, les coûts cumulés des scénarios sans renouvellement du nucléaire à la fin de vie de 45 ans sont plus économes que ceux qui supposent un renouvellement du nucléaire. Le scénario B4-30 de sortie du nucléaire pour une durée de vie de 30 ans, moins cher que tous les scénarios H, est plus cher que les autres scénarios B.

Cependant, alors que l'écart entre scénarios comparables des familles B et H est de l'ordre de 15% (environ 800 milliards de francs sur la période), l'écart entre B4-30 (le plus cher de B) et B4 (le moins cher de B) n'est que de 7% (326 milliards de francs).

- Dans l'hypothèse de “déconnexion” des prix du gaz et du pétrole, la différence entre H et B se confirme mais les coûts des différents scénarios au sein de chaque famille sont très proches : écart de 1% entre H1 et H2 et 5% entre H1 et H3; écart de 2% entre B2 et B3 et 3% entre B3 et B4.

Comme précédemment, B4-30 est plus cher de 10% que B4.

- Dans l'hypothèse de “tension” sur les prix des combustibles fossiles, on constate d'abord que l'écart entre H et B devient plus important pour les scénarios à forte composante gazière, ce qui est normal. Les écarts sont de 1 051 milliards (17%) entre H1 et B4, 1 002 milliards (17%) entre H2 et B2; 742 milliards (14%) entre H3 et B3.

Les différences liées à la structure de production sont plus accentuées que précédemment : le scénario H3 est moins cher de 11% que H1 et 9% que H2; le scénario B3 est moins cher de 3% que B2 et 7% que B4; le scénario B4-30 est 13% plus cher que B4.

La répartition des quatre principaux postes de dépenses est beaucoup plus contrastée que l'ensemble des dépenses.

En ordre de grandeur, chacun des trois principaux postes - investissement, exploitation, combustibles - représente environ un tiers de la dépense totale, mais avec de fortes variations autour de cette valeur moyenne.

Le poste « Recherche et développement » (qui couvre les dépenses de R & D prises en charge par l'Etat) est faible - au plus 2% du total - mais ses variations significatives : elles montrent que la recherche développement est quasi exclusivement consacrée au nucléaire et chute dramatiquement lorsque celui-ci est arrêté.

C'est dans le cas de l'hypothèse de “tension” sur les prix des combustibles fossiles que la différence entre les scénarios H et B est la plus sensible : elle est de 517 milliards par exemple entre H2 et B2 et de 406 milliards entre H1 et B4.

La présentation de l'ensemble des dépenses cumulées est complétée dans l'étude par la chronologie de chaque poste de dépense dans les différents scénarios et hypothèses, ainsi que par la présentation des bilans économiques actualisés.

Nous retiendrons sur le premier point que l'analyse chronologique des dépenses annuelles totales à chaque époque montre qu'en dehors du scénario B4-30 pour lequel les dépenses dans la première période 2000–2030 dépassent celles des autres scénarios, les trois scénarios H présentent des chronologies de dépenses toujours supérieures à celles des scénarios B.

Les informations synthétiques fournies par les bilans actualisés que nous retiendrons sont :

- L'actualisation (taux de 6% de 2000 à 2030, 3% après) maintient l'écart significatif de coût entre les scénarios à haute et basse demande d'électricité.

- Le coût moyen actualisé du kWh sur la période 2020–2050 suit la même tendance : les scénarios à haute demande électrique ont

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

des coûts moyens actualisés du kWh systématiquement supérieurs aux coûts des scénarios à demande faible ayant une même structure de parc de production.

• Si l'on regarde le coût moyen actualisé du kWh sur la période 2020–2050 en fonction des hypothèses sur les prix des combustibles fossiles, on constate :

- Dans l'hypothèse “stabilité” des prix, le kWh est nettement moins cher dans H1 (17,2 centimes) que dans H3 (19,5); et dans B4 (16,8 c.) que dans B2 (17,8) et B3 (18,0)
- Dans l'hypothèse “déconnexion” : les trois scénarios H se rapprochent avec un léger avantage pour H1 (19,2 c. contre 19,6 pour H2 et 20,2 pour H3); même chose pour les scénarios B (18,6 c. pour B4 contre 18,9 pour B3 et 19,0 pour B2), à l'exception de B4-30 à 20,4 c.
- Dans l'hypothèse “tension”, les scénarios restent proches avec avantage pour H3 dans la famille des H (21,1 c. comparé à 21,6 pour H2 et 22,0 pour H1) et pour B3 (20,2 c. comparé à 20,8 pour B2 et 21,2 pour B4), dans la famille B, à l'exception de B4-30 à 24,4 c.

Eléments complémentaires sur les scénarios

• Les scénarios de production d'électricité se différencient essentiellement par la part relative de la filière nucléaire et celle du cycle combiné au gaz naturel.

Autant les scénarios à sortie du nucléaire et dominante gazière (H1, B4, B4-30) sont faciles à décrire, autant les scénarios impliquant le renouvellement du parc nucléaire par du nucléaire sont relativement complexes puisque plusieurs filières nucléaires (association réacteur-combustible avec retraitement ou non selon les cas[7]) sont envisagées, présentées précédemment au chapitre 3.

Les deux scénarios qui paraissent les plus vraisemblables en cas de renouvellement nucléaire sont H2 (substitution des réacteurs REP déclassés à partir de 2030–2035 par des réacteurs EPR et RHR1) et B2 (substitution à partir de 2030–2035 soit par des réacteurs EPR soit par des réacteurs RHR1) dans lesquels le parc nucléaire fonctionne en base.

Notons que la poursuite de l'utilisation du nucléaire par l'introduction de nouvelles filières est compatible, pour certaines de celles-ci, avec l'arrêt du retraitement en 2010.

• La question essentielle pour les scénarios à forte composante gazière est évidemment la consommation de gaz naturel.

On retrouve ici l'importance de l'impact des niveaux de demande d'électricité : en consommation cumulée, H1 (1 784 Mtep) dépasse B4 (1 340 Mtep) de 25 % et H2 (1 233 Mtep) dépasse B2 (748 Mtep) de 39 %. Selon les scénarios, la consommation annuelle de gaz naturel pour la production d'électricité en 2050, année où elle est maximale, serait celle présentée dans le tableau 12 (en Mtep). À titre de comparaison, la consommation totale de gaz naturel en France en 1998 était de 34 Mtep (et celle de pétrole de 94 Mtep).

Le traitement des externalités environnementales

Les aspects environnementaux de l'étude prospective sont traités de façon quantitative à travers les émissions cumulées de gaz carbonique et la production cumulée de plutonium et actinides mineurs sans emploi en 2050.

◗ Les résultats sur les émissions de CO_2 sont sans surprises (avec les réserves que nous avons faites précédemment sur le cas du nucléaire) et suivent à peu près les quantités de gaz consommées.

À nouveau ces résultats montrent d'abord l'importance de l'évolution de la demande d'électricité sur le cumul de carbone : le scénario H2 à haute consommation d'électricité avec 43 % de production nucléaire en 2050 est aussi émetteur de carbone que le scénario B4 à consommation d'électricité plus modéré sans renouvellement du parc nucléaire par du nucléaire.

La différence des cumuls des émissions entre le scénario le plus haut (B4-30 : 1646 MtC sur 2000 – 2050) et le scénario le plus bas (B3 : 556 MtC) est d'environ 1 100 MtC. Cet écart est à comparer avec celui du cumul en 2050 des émissions associées à l'ensemble des consommations énergétiques (et non plus seulement électriques) des deux scénanos : celles-ci varient entre 5 600 et 7 400 tonnes de carbone.

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

◗ En ce qui concerne les transuraniens (plutonium + actinides mineurs) les bilans en 2050 varient avec chaque scénario et en fonction des filières nucléaires utilisées.
Pour les scénarios B, le cumul varie entre 115 tonnes pour le scénario B2 avec RHR1 et 459 tonnes pour le scénario B3 avec réacteurs EPR. Deux enseignements :

- La différence entre scénarios comparables de type H1-B4 et H2-EPR - B2-EPR avec filière nucléaire "classique", est de l'ordre de 10 à 13 % : on retrouve l'intérêt de la maîtrise de la demande d'électricité.
- C'est l'émergence à terme de nouvelles filières nucléaires de type APA ou RHR qui permet d'améliorer de façon plus significative le bilan en cumul des transuraniens.

◗ La comparaison économique des "nuisances" que constituent le cumul du CO_2 dans l'atmosphère et le cumul des transuraniens dans les déchets nucléaires se fait en attribuant un coût à ces quantités cumulées.
Cette méthode est déjà adoptée internationalement pour les émissions de gaz à effet de serre, elle est originale pour l'estimation du "coût" des déchets nucléaires.
En s'appuyant sur "l'état de l'art" du débat sur le changement climatique, les auteurs de l'étude ont choisi une fourchette de coût moyen de 400 à 1 000 francs la tonne de carbone.
En ce qui concerne les déchets nucléaires, la nouveauté du concept ne permet pas de comparaison internationale et les auteurs ont choisi d'adopter comme valeur de la tonne de "plutonium et actinides mineurs" évitée la différence de coût entre les scénarios « sans retraitement » et « retraitement + MOX » permettant cette réduction qui ont été étudiés au chapitre 1. Le coût obtenu varie entre 0,5 et 1,2 milliard de francs la tonne selon les hypothèses retenues[8].

◗ En croisant ces différentes hypothèses, on obtient un coût de ces deux "externalités" pour chaque scénario.

Cette méthode permet de calculer un "surcoût environnement" pour chaque scénario.

Ces surcoûts peuvent être comparés aux coûts des scénarios précédemment calculés, pour les différentes hypothèses de coûts des combustibles fossiles.

A titre d'exemple, le choix des valeurs hautes à la fois pour les transuraniens et pour le carbone conduit à un surcoût dû aux externalités variant entre 1 107 milliards de francs pour le scénario B3-EPR et 1 891 milliards pour le scénario B4-30.

Si l'on compare H1 et B4 qui diffèrent par le niveau de demande d'électricité, à structure de production comparable, le surcoût des externalités est de 1 863 milliards dans H1 et 1 401 milliards dans B4 : l'économie sur les externalités liée à la maîtrise de la demande d'électricité s'élevant donc à 462 milliards. On constate le même phénomène entre H2 et B2 : la différence est de 402 milliards.

Si l'on compare les coûts des externalités au coût total, ils se situent entre 10 et 17 % pour les fourchettes basses et 26 à 42 % pour les fourchettes hautes en cas de stabilité des prix des combustibles fossiles.

On peut conclure de ces comparaisons :

- La prise en compte des externalités induites par l'application d'un principe de précaution aux déchets nucléaires et aux émissions de CO_2 a des conséquences importantes sur le coût cumulé des divers scénarios sur la période 2000–2050.
- Cette prise en compte des externalités renforce l'intérêt des scénarios à faible demande d'électricité : le gain sur les externalités est de l'ordre de 10 % du coût total d'un scénario moyen.
- Les valeurs choisies dans l'étude pour l'externalité CO_2 et l'externalité transuraniens conduisent à un moindre surcoût dans les scénarios à fort contenu en nucléaire.
- Les résultats renforcent l'intérêt du développement de filières nucléaires spécialement conçues pour diminuer la production de déchets.

Tableau 12.

	H1	H2	H3	B2	B3	B4	B4-30
Gaz naturel (Mtep)	96	46	17	30	17	70	70

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

Commentaires

Nature et objectif de l'étude

L'« Etude économique prospective de la filière électrique nucléaire » (que nous nommerons « l'étude » par la suite) demandée par le gouvernement porte, comme l'indique la lettre de mission envoyée par le Premier ministre aux trois auteurs, sur les données économiques de la filière nucléaire. Le sujet est déjà vaste puisque l'étude doit être comparative et prospective, mais il ne traite pas toutes les questions que l'on peut se poser à propos du système électrique français futur. Notamment, la plupart des questions liées aux risques et à la sécurité énergétique ne sont pas oubliées et font l'objet d'informations de base, mais elles ne sont pas traitées en profondeur car ce traitement ne relève pas de la question posée.

L'objet de l'étude est de fournir les données les plus fiables possibles sur la composante économique du débat sur la politique énergétique. Le travail de fourniture des données économiques est en partie élargi aux questions environnementales puisqu'un calcul des externalités que représentent les émissions de gaz carbonique et les productions de transuraniens a été effectué. Mais, si cette prise en compte représente une avancée, elle ne règle pas l'ensemble des questions de pollutions et de risques.

L'étude comprend deux grandes parties : la première est relative à l'analyse économique du parc nucléaire actuel et de ses avenirs possibles; la seconde est relative à la prospective de la demande et de l'offre de l'électricité en France à l'horizon 2050, dans la suite des travaux du Commissariat Général du Plan à l'horizon 2010–2020.

La nécessité d'arrêter une étude prospective à un borizon raisonnable pour que les données économiques gardent une certaine crédibilité, ici 2050, conduit évidemment à la question de savoir ce qui se passerait après (notamment pour ce qui concerne les déchets nucléaires, mais aussi sur les ressources énergétiques, etc). On peut répondre que plus l'horizon s'éloigne, plus ces questions doivent être traitées à une échelle plus vaste que l'hexagone et que ce sont les scénarios mondiaux de long terme (IIASA, NOE, etc.) qui peuvent seuls fournir des bases de réflexion pertinente.

L'ètude telle qu'elle existe apporte à notre avis une somme d'informations suffisantes (ne serait-ce que par rapport à la pauvreté de l'information économique sur le nucléaire en France) pour alimenter un premier débat sur l'orientation des choix de politique électrique dans les années à venir.

Les limites de l'étude

C'est à l'intérieur de ce cadre thématique (les données économiques) et temporel (horizon 2050) que nous avons quelques critiques, ou réserves, à formuler.

◗ La première est la limitation quasi-totale de l'ètude à la situation française, à l'exception du chapitre 2 qui présente très brièvement la situation nucléaire internationale actuelle et aborde les question d'environnement global. Autant le chapitre 1 dédié à « l'héritage du passé pour la France » est normalement limité à la situation de notre pays, autant il nous semble que l'étude prospective des chapitres 4 et 5 aurait dû s'ouvrir plus largement sur l'Europe (la seule allusion à l'espace européen étant la référence aux scénarios de l'IIASA). Il faut bien reconnaître qu'il n'existe pas actuellement d'exercice de prospective énergétique sérieux pour l'Europe.

Non pas que les données de base utilisées dans les scénarios eussent été forcément différentes, mais parce qu'il est difficile d'admettre que l'on puisse raisonner sur des scénarios électriques limités à l'hexagone pour 2000–2050 alors que nous ne sommes aujourd'hui qu'à la première année de cette période et qu'avec elle, les marchés européens de l'électricité et du gaz viennent de s'ouvrir, que l'Europe est en train de prendre des décisions sur la production d'électricité par les énergies renouvelables et qu'elle a pris des engagements collectifs de réduction des émissions de gaz à effet de serre.

A l'évidence, la question de la sécurité des approvisionnements gaziers ne se pose pas

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

en termes nationaux mais européens et le « tout nucléaire dans un seul pays », orientation de certains scénarios, prête à réfléchir.

Cette limite a bien été perçue par les auteurs de l'étude et exprimée dans son introduction : il reviendra au politique de savoir replacer les résultats de cet exercice purement national dans le contexte international adéquat.

◗ La deuxième limite de l'exercice tient au fait que la demande centrale porte sur l'économie de la filière nucléaire, les autres filières énergétiques (gaz, renouvelables, autres) n'étant que des éléments de comparaison, traités avec moins d'importance. Le lecteur ne peut que regretter que, tandis que la prospective technologique est largement développée dans le domaine du nucléaire, elle reste relativement faible pour les filières non nucléaires et particulièrement pour les énergies renouvelables et surtout la maîtrise de la demande d'électricité dont l'ensemble de l'étude montre la toute première importance.

On est en particulier frappé par l'évolution des dépenses publiques de recherche et développement : lorsque le nucléaire s'arrête, ces dépenses chutent radicalement. Si cela confirme la quasi exclusivité actuelle du nucléaire dans les efforts de recherche publics dans le secteur de l'énergie, cela manifeste aussi la non prise en compte du transfert des moyens de recherche vers d'autres filières énergétiques (sur la demande comme sur l'offre).

Cela est particulièrement vrai pour la maîtrise de la demande d'électricité. Nous avons souligné la timidité des efforts dans le scénario dit de « basse consommation ». Ce scénario est de fait basé sur la mise en œuvre de techniques actuellement disponibles. Un effort conséquent de R & D sur cinquante ans grâce à un certain transfert des moyens de la recherche publique devrait permettre de faire beaucoup mieux.

◗ La troisième limite de l'exercice est plus gênante car elle est moins évidente : elle tient à la façon dont sont pris en compte les aléas dans les différentes filières.

Le grand compétiteur du nucléaire est, dans cette étude, le gaz naturel. L'aléa majeur de cette forme d'énergie pour une évaluation prospective est son prix : cet aléa est bien pris en compte puisque trois scénarios de prix des combustibles fossiles sont étudiés (dont le doublement du prix du gaz naturel à l'horizon 2050).

Dans le cas du nucléaire, l'aléa ne porte pas ou très peu sur le prix du combustible, ni sur l'investissement (du moins pour les filières éprouvées). On voit donc apparaître dans les tableaux des prix du nucléaire extraordinairement stables.

Or l'aléa majeur du nucléaire est l'incident ou l'accident technique. On comprend qu'une étude économique de ce type exclut l'accident très grave qui mettrait en question l'existence même du nucléaire : l'analyse d'une telle situation de crise n'est pas de son ressort. Par contre, les années récentes ont montré que les conséquences industrielles et économiques d'accidents techniques sans conséquences nuisibles extérieures pouvaient être importantes : immobilisation de tout le palier N4 (6000 MWe) pendant une année du fait d'une erreur de conception du circuit de refroidissement à l'arrêt, arrêt prolongé de la centrale de Belleville du fait de fissures dans l'enceinte de confinement, et autres incidents relativement fréquents, sans oublier l'exemple de Superphenix qui n'est pas sans enseignements pour la prospective technologique (et économique) nucléaire.

Il paraîtrait intéressant qu'une étude sur les conséquences économiques des aléas techniques de la filière nucléaire soit entreprise afin de compléter la présente étude.

Les principaux résultats

A ce stade et sans avoir eu la possibilité matérielle d'étudier les rapports partiels qui ont élaboré les données de l'étude (sur le parc nucléaire existant et sur la prospective technologique), nous nous proposons de tirer les principaux enseignements de l'étude telle qu'elle est.

◗ Le premier résultat de l'ètude est l'avantage incontestable des scénarios à forte maîtrise de la demande d'électricité : la mise en œuvre de politiques de maîtrise de la demande d'électricité pourrait permettre à la fois des économies importantes pour l'ensemble du

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

système électrique et des économies sur le coût du kWh produit.

Cet avantage apparaît nettement dans toutes les comparaisons économiques « pures » et il est fortement accentué lorsque l´on prend en compte les externalités environnementales. Il y a là une indication extrêmement forte pour le choix politique.

◗ L´accord des experts pour envisager une durée de vie technique moyenne des centrales nucléaires supérieure à quarante ans conduit à ce que la première prise de relais éventuelle des centrales nucléaires actuelles par de nouvelles centrales nucléaires se situe, selon les scénarios, dans la période 2025–2035.

Cela écarte donc toute urgence sur la construction de nouvelles centrales de puissance, fussent-elles qualifiées de prototype, et notamment d´un EPR.

A cette considération technique s´ajoute le fait que le paysage électrique européen devrait assez profondément changer dans les dix prochaines années du fait de l´ouverture des marchés. Les choix pourront se faire dans de bien meilleures conditions à la suite de cette période de transition.

◗ L´examen des coûts liés au parc nucléaire actuel met en évidence qu´un scénario avec retraitement des combustibles irradiés et utilisation du MOX est d´un coût plus élevé qu´un scénario sans retraitement.

On peut en déduire un coût du plutonium évité à prendre en compte dans l´évaluation économique des externalités.

◗ Les différents scénarios prospectifs de production d´électricité portent essentiellement sur la compétition entre différentes combinaisons de filières nucléaires (types de réacteurs et de combustibles) et centrales à gaz naturel à cycle combiné pour le remplacement des centrales du parc actuel lorsqu´elles arriveront en fin de vie.

Dans l´hypothèse centrale d´une durée de vie moyenne des centrales nucléaires de 45 ans, la date de la prise de relais par de nouvelles centrales se situe autour de 2025–2030.

Dans l´hypothèse de « stabilité » des coûts du gaz naturel, les coûts cumulés des scénarios sans renouvellement du nucléaire sont moins élevés que ceux qui supposent un renouvellement du nucléaire.

Dans l´hypothèse d´un prix du gaz multiplié par 1,5 entre 2000 et 2050, les coûts cumulés des différents scénarios sont très proche à l´intérieur de chaque famille de niveau de demande d´électricité.

Dans l´hypothèse de doublement du prix du gaz entre 2000 et 2050, la différence entre scénarios extrêmes est d´environ 10 % au profit du scénario fortement nucléaire.

En règle générale, le scénario de fin de vie moyenne des centrales nucléaires à trente ans sans renouvellement du nucléaire est le plus cher des scénarios à faible demande d´électricité mais reste moins cher que les scénarios à haute demande d´électricité, sauf dans le cas du prix maximal du gaz naturel dans lequel son coût est égal à celui du scénario avec renouvellement du nucléaire parc un parc nucléaire fonctionnant en base.

◗ On peut considérer comme raisonnable d´écarter les scénarios à très forte proportion de nucléaire (environ 70 %) H3 et B3 pour des raisons de besoin de diversification des sources et des filières énergétiques (sécurité énergétique) et d´optimisation de l´utilisation des parcs nucléaires (fonctionnement en base). Les scénarios vraisemblables de renouvellement du nucléaire sont alors les scénarios H2 et B2 qui prévoient ce fonctionnement en base.

L´effet du renouvellement ou non du parc nucléaire et donc de la place prépondérante ou non du gaz naturel dans la production d´électricité en 2050 se traduit par des consommations de gaz naturel en 2050 pour cette production de 30 Mtep dans B2, 46 Mtep dans H2, 70 Mtep dans B4 et B4–30 et 96 Mtep dans H1. Ces consommations de gaz sont à comparer à la consommation totale de gaz en France en 1998 qui était de 34 Mtep et à celle de pétrole qui était de 94 Mtep.

On voit ainsi qu´entre un scénario à basse consommation d´électricité et sans nucléaire B4 et un scénario à haute consommation d´électricité et nucléaire H2, le surplus de consommation de gaz naturel pour la production d´électricité n´est que de 24 Mtep en 2050.

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

D´un point de vue économique, un scénario de sortie programmée du nucléaire par arrêt des centrales au bout de trente ans de fonctionnement est moins pénalisant qu´un scénario « laisser faire » sans forte maîtrise de la demande d´électricité. Le tabou sur une telle éventualité – du fait de choix politiques ou d´autres impératifs – est donc levé.

A propos des questions environnementales

◗ La question de la prise en compte des externalités environnementales progresse de façon indéniable par le traitement parallèle accordé aux émissions cumulées de CO_2 et à la production cumulée de transuraniens.
Quelques remarques sur ce point :

- Nous avons souligné l´intérêt d´un point précis sur les émissions de gaz à effet de serre par l´industrie nucléaire.
- On peut considérer que l´aggravation de l´effet de serre constitue aujourd´hui le handicap majeur, sinon le seul, du gaz naturel sur le plan environnemental. Prendre en compte les émissions de CO_2 dans une évaluation économique des externalités sanctionne ce handicap. Du côté du nucléaire, il est important de souligner que le handicap environnemental du nucléaire va bien au-delà de la production des transuraniens : une étude comparative des impacts environnementaux (pouvant ou non se traduire en coûts d´externalités) devrait prendre en compte les rejets radioactifs et chimiques (surtout pour les usines de retraitement) ainsi que les risques d´accidents.
- La production de transuraniens est strictement associée à l´utilisation du nucléaire : le problème disparaît avec la non poursuite de celui-ci (scénarios H1, B4, B4–30); par contre les émissions de CO_2 ne sont que partiellement dues à la production d´électricité et les diminutions que représentent les scénarios à composantes nucléaires doivent être relativisées par rapport aux émissions totales liées à la production et à la consommation d´énergie.

◗ On doit cependant souligner l´aspect réducteur de la comparaison des risques liés à la production d´électricité à partir des combustibles fossiles ou des matières à travers la seule prise en compte des externalités « émissions de CO_2 » et plutonium.

Du côté des combustibles fossiles, le risque principal est l´émission de CO_2 dans le cas du gaz naturel et la comparaison est légitime (il en serait autrement si l´on comparait au charbon et au pétrole). Par contre, le risque lié au plutonium n´est qu´une partie de la question du risque global spécifique nucléaire :

- d´abord, l´activité nucléaire pose en soi des problèmes de sûreté (accidents majeurs, d´impact environnemental quasi-mondial, comme Tchernobyl), de sécurité et de prolifération, de rejets et de déchets (pas seulement les déchets hautement actifs à vie longue, HAVL);
- ensuite, si on se concentre sur cette question des déchets HAVL, les stratégies qui permettent de les réduire (en tonnage, mais pas forcément en volume) ont d´autres inconvénients, notamment celui de renforcer globalement les risques énumérés ci-dessus;
- enfin, le plutonium, qui est un point clé du débat à cause de sa valeur énergétique qui conduit au refus par certains, contre toute réalité industrielle, de le considérer comme déchet, n´est qu´un indicateur partiel des résultats obtenus par les stratégies de réduction des déchets HAVL. On peut par exemple se poser la question en termes de dégagement thermique (c´est ça qui est compliqué pour le stockage) ou d´autres éléments, par exemple des produits de fission tels que l´iode (très compliqué à piéger donc à stocker).

◗ La prospective technologique et les bilans matières présentés dans l´ètude nous montrent que la question de la nocivité à long terme des déchets nucléaires ne reçoit pas de réponse satisfaisante par l´utilisation des techniques nucléaires actuelles ou « améliorées » de type EPR. Seuls des sauts technologiques, tant sur les réacteurs que sur les combustibles, tels ceux présentés dans l´ètude, paraissent susceptibles de permettre une réduction significative des productions cumulées de transuraniens (plutonium et actinides mineurs).

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

Notes

1 Lettre de mission du Premier ministre du 7 mai 1999.

2 Voir l´ensemble des références de l´étude et de ses rapports annexes dans la section bibliographie.

3 Le modèle est en fait une répartition gaussienne des arrêts autour d´une valeur moyenne : les valeurs extrêmes de durée de vie retenues sont 35 et 50 ans.

4 L´hypothèse d´un arrêt rapide du retraitement, avec non renouvellement des contrats EDF-COGEMA en 2001, a été écartée pour privilégier un scénario de transition plus souple.

5 En réalité, la différence est beaucoup plus importante les premières années, où le parc est au complet, qu´à la fin.

6 Direction Générale de l´Energie et des Matières Premières, Ministère de l´économie, des finances et de l´industrie.

7 Dans les huit scénarios principaux, six supposent la poursuite du retraitement et du “recyclage”, voire le passage au “multire-cyclage”, du plutonium

8 Comparaison des scénarios S4-S6 ou S7-S6 pour le parc actuel.

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

ISBN 2-11-004682-1 ISSN 098163764 DF 5 5793-5
imprimé en France **prix 13,72 € / 90 F**

Le Premier ministre a demandé par lettre du 7 mai 1999 à Jean-Michel Charpin, Commissaire au Plan, Benjamin Dessus, directeur du programme Ecodev au CNRS et René Pellat, Haut-Commissaire à l´Energie atomique, d´effectuer une « étude sur les données économiques de l´ensemble de la filière nucléaire, notamment l´aval du cycle du combustible nucléaire, y compris le retraitement ».

Après avoir pris connaissance des travaux réalisés sur ce sujet dans le passé, le groupe a choisi comme méthode de travail de proposer des scénarios, différenciés par le niveau de la demande électrique et les modes de production susceptibles de la couvrir en 2050. Ces scénarios sont cohérents avec les travaux présentés dans le rapport « Energie 2010–2020 » publié par le Commissariat général du Plan en 1998.

L´analyse du parc existant montre l´intérêt de prolonger la vie des centrales et évalue les conséquences du maintien d´une stratégie de retraitement-recyclage jusqu´à la fin de vie des centrales par rapport à l´arrêt d´une telle stratégie en 2010. Pour le parc futur, les choix sont ouverts : la comparaison économique des scénarios fait apparaître que leurs coûts sont peu différenciés. Cependant, les scénarios à basse demande d´électricité dégagent, quel que soit le prix du gaz naturel, une forte économie comparativement aux scénarios à haute demande.

Pour un même niveau de demande, un arbitrage devra être fait entre le cumul de déchets nucléaires à haute activité et à très longue durée de vie et les émissions de gaz à effet de serre. La valorisation de ces deux externalités illustre en particulier l´intérêt potentiel de l´émergence de filières nucléaires nouvelles qui permettraient de réduire le volume de déchets ultimes à stocker, ou celle de nouveaux combustibles susceptibles de recycler plus efficacement le plutonium contenu dans les combustibles irradiés.

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

Collection des **rapports officiels**

Rapport au Premier ministre

Étude économique prospective de la filière électrique nucléaire

Jean-Michel Charpin
Benjamin Dessus
René Pellat

Rapporteurs
Nicole Jestin-Fleury
Jacques Percebois

La **documentation** Française

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

Erreurs, approximations et contrevérités

Global Chance

La sortie du rapport "Etude économique prospective de la filière électrique nucléaire" a suscité des réactions souvent épidermiques voire incontrôlées et donné lieu à nombre d´interprétations erronées. Global Chance en a relevé quelques unes et les commente

L´économie du nucléaire et le problème du retraitement

"Six des sept scénarios retenus par le rapport Charpin-Dessus-Pellat indiquent que le nucléaire est plus rentable que le gaz". Propos attribués à Anne Lauvergeon (Cogema) par Enerpresse (n° 7686 du 20 octobre 2000).

Cette affirmation est erronée : non pas 1 mais 2 scénarios sur les 7 étudiés dans ce rapport indiquent que le nucléaire est moins rentable que le gaz si celui reste stable sur la période considérée De plus ce n´est évidemment pas le nombre de scénarios qui compte mais la nature de ces scénarios. Dans le cas indiqué de prix constant du gaz ce sont tous les scénarios sans nucléaire qui sont plus compétitifs que tous ceux qui maintiennent le nucléaire au delà de 45 ans. Si l´on avait fait 14 scénarios sans nucléaire pour un seul scénario nucléaire on aurait ainsi démontré que pour ce prix du gaz 14 sur 15 des scénarios étaient moins onéreux que les scénarios nucléaires ! A l´inverse on peut dire qu´un scénario sans renouvellement du nucléaire pour ce prix du gaz est meilleur que tous les différents scénarios contenant une part de nucléaire…

"Le rapport Charpin-Dessus-Pellat sur "l´étude économique prospective de la filière électrique nucléaire" vient d´être remis au premier Ministre. Contrairement à ce que laisse supposer son titre, vous n´y trouverez pas une décomposition précise des coûts du nucléaire, par exemple le coût du traitement des déchets…"

Communiqué de presse des Verts du 31 juillet 2000 (voir encadré).

Cette affirmation est inexacte. Le premier chapitre du rapport "l´héritage du passé" se penche de façon approfondie sur les bilans matières et les bilans économiques des diverses filières de traitement, d´entreposage et de stockage des déchets. Il montre en particulier la relative inefficacité et le surcoût non négligeable qu´entraînerait la poursuite du retraitement.

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

"*Bien qu'en adoptant une position résolument optimiste pour les moyens de production électrique utilisant des combustibles fossiles et résolument pessimiste pour le nucléaire, le rapport ne permet pas, dans le cas d'un prix du gaz durablement bas, de privilégier une solution plutôt qu'une autre*".

Communiqué du CEA du 28 juillet 2000 (voir encadré). L'assertion précédente n'est pas exacte. Le rapport montre en effet que pour un prix du gaz durablement égal à celui du début 2000 (hypothèse *stabilité*) les scénarios sans renouvellement du nucléaire et remplacement par le gaz (dans les deux hypothèses haute et basse demande d'électricité) sont moins onéreux que ceux comportant un renouvellement du nucléaire, aussi bien en coût cumulé (non actualisé) qu'actualisé et en coût actualisé du kWh. C'est encore vrai pour les scénarios haute demande d'électricité dans l'hypothèse *déconnexion* (prix du gaz de 2,8 à 4,5 $/Mbtu de

Les Verts - Communiqué à la presse du 31 juillet 2000

Rapport Charpin : l'avenir dans le rétroviseur

Le rapport Charpin-Pellat-Dessus sur « l'étude économique prospective de la filière électrique nucléaire » vient d'être remis au Premier Ministre. Contrairement à ce que laisse supposer son titre, vous n'y trouverez pas une décomposition précise des coûts du nucléaire, par exemple le coût du traitement des déchets, mais des scénarios énergétiques à l'horizon 2050 (!) qui s'appuient en 2020 sur deux hypothèses provenant des scénarios du Plan.

Les Verts dénoncent ce rapport comme étant une « machine » à écrire l'avenir à partir du passé. L'avenir en 2050 est à décider collectivement et démocratiquement. Il est totalement ouvert. Or, pour nos « scénaristes » qui fixent la durée de vie des centrales à 45 ans, l'avenir est la prolongation des courbes du passé et, si on ne renouvelle pas les centrales nucléaires, elles sont remplacées par du gaz. Ils pensent avoir exploré « un large spectre de scénarios visant à couvrir la plupart des stratégies envisagées dans le débat public », mais leurs « avenirs possibles » manquent franchement d'imagination.

Ainsi, bien que les auteurs constatent que la maîtrise des consommations électriques est toujours rentable sur le plan financier et doublement sur le plan environnemental (ni déchets nucléaires, ni CO2), ils n'en font pas trop. Même dans le scénario qui se veut économe en énergie (consommation en 2050 à peu près analogue à aujourd'hui), ils prévoient une consommation électrique accrue de 50% (alors que la population française se stabilise et qu'elle est largement équipée). Quant à l'énergie éolienne, elle est « marginale » comme l'écrivent les auteurs. C'est ainsi qu'ils l'ont voulu, qu'ils l'ont choisi, lui permettant tout au plus de couvrir de 2 à 5% des besoins en électricité d'ici un demi-siècle.

Ayant ainsi négligé la maîtrise de l'énergie et les énergies renouvelables, les auteurs peuvent enfin reprendre le discours classique du lobby nucléaire : les déchets nucléaires ou l'effet de serre, pour en conclure comme d'habitude.

Mais les Verts tiennent à rappeler que l'avenir possible en 2050 dépend aussi des investissements en Recherche et Développement. Or sur ce point, la page 83 du rapport est spectaculaire. Elle montre que la France continue à mettre plus de 90% de l'argent public dans le seul nucléaire. Pire, depuis 1997, l'argent mis dans le nucléaire a plus augmenté en valeur absolue que tout l'argent mis hors nucléaire. Les Verts considèrent cette situation comme inacceptable car elle bloque toute évolution. Les miettes qui ont été données pour la maîtrise de l'énergie et les énergies renouvelables, et dont on a tant parlé, sont ramenées à leur juste proportion, soit à peu près rien. Les Verts feront de ce point un enjeu essentiel des négociations à venir.

Maryse Arditi - Porte-parole

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

1999 à 2050) en termes de coût global actualisé. Quant au coût moyen du kWh sur la période 2020–2050, période pour laquelle les parcs se différentient, il apparaît comme moins cher pour les scénarios sans renouvellement du parc nucléaire pour les deux hypothèses de prix précédemment indiquées. Seule l'hypothèse *tension* (prix du gaz de 2,8 à 6 $/Mbtu) fait basculer la compétitivité en faveur des scénarios comportant un renouvellement du nucléaire.

L'assertion selon laquelle les rapporteurs ont fait preuve d'un optimisme résolu pour le gaz et d'un égal pessimisme pour le nucléaire n'est fondée sur aucun argument chiffré. On doit cependant faire remarquer que les auteurs du rapport ont introduit un aléa gazier important, à travers la fourchette de gaz retenue (de un à deux) alors qu'ils n'ont envisagé aucun aléa de fonctionnement de la filière nucléaire. Et pourtant, des incidents mêmes mineurs sur une partie de la chaîne peuvent avoir des conséquences importantes sur la performance économique globale de la filière nucléaire (pannes génériques, incidents sur l'amont ou l'aval du cycle, etc.).

Commissariat à l'Energie Atomique - Communiqué interne du 28 juillet 2000

Quelques remarques à propos du rapport Charpin-Dessus-Pellat (CDP) sur l'évolution du système électrique français et la place future du nucléaire.

Ce rapport a été demandé en mai 1999 par le Premier ministre à Messieurs Jean-Michel Charpin, Commissaire au Plan, Benjamin Dessus, directeur du programme Ecodev au CNRS, et René Pellat, Haut-Commissaire à l'énergie atomique.

Remis cette semaine au Premier ministre, il est présenté ce jour par les auteurs lors d'une conférence de presse.

Les échanges et examens contradictoires auxquels la mission CDP a procédé devraient, en toute logique, mettre fin aux controverses sur la compétitivité actuelle et future du kWh d'origine nucléaire clairement confirmée par le rapport. En dépit d'une présente surcapacité de production électrique, nécessairement pénalisante sur le plan économique, le coût du kWh d'origine nucléaire, incluant toutes les dépenses (notamment la R & D, le démantèlement et le stockage des déchets ultimes) est sensiblement inférieur au coût moyen du kWh, toutes origines confondues. Ce constat valide donc quatre décennies d'études effectuées à la demande des pouvoirs publics sur la compétitivité du nucléaire pour la production d'électricité en base par rapport à l'utilisation des combustibles fossiles, compétitivité plus ou moins prononcée suivant les prix des combustibles fossiles envisagés lors des études.

Pour le futur, le rapport analyse 7 scenarii d'évolution du système électrique français à l'horizon 2050.

Les hypothèses

Ces scenarii combinent plusieurs paramètres :

- la demande d'électricité avec une hypothèse haute (800 TWh) et une hypothèse basse (600 TWh contre 430 TWh en 2000) :
- trois évolutions du parc de production électrique (parc à 75% non fossile et essentiellement nucléaire, parc mixte fossile/fissile/énergies renouvelables, parc à 75% fossile et sans nucléaire);
- trois évolutions du prix du gaz d'ici 2050 (constant, en augmentation de 40% et en augmentation de 90%).

Tous les scenarii reposent sur l'hypothèse que, d'ici à 2050, il n'y aura aucun problème d'approvisionnement énergétique en combustibles fossiles et fissiles, mais seulement d'éventuelles tensions sur les prix.

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

Les principales conclusions du rapport

Bien qu'en adoptant une position résolument optimiste pour les moyens de production électrique utilisant des combustibles fossiles et résolument pessimiste pour le nucléaire, le rapport ne permet pas, dans le cas d'un prix du gaz durablement bas, de privilégier une solution plutôt qu'une autre. Dès que le prix du gaz augmente, les parcs avec une composante nucléaire deviennent nettement compétitifs par rapport aux parcs de production sans composante nucléaire. L'existence d'un parc nucléaire est donc un facteur de stabilité du prix de l'électricité pour le consommateur par rapport aux variations du prix du gaz. Indépendamment du mode de production, la demande basse nécessitera une action importante de l'Etat en faveur de la maîtrise de l'énergie. Les deux scenarii d'abandon du nucléaire d'ici à 2030 ou 2050 supposent soit une société ultra libérale où la production est essentiellement assurée par le gaz, soit une société ultra environnementaliste où la consommation est en forte réduction et où la production est également assurée par le gaz. Tous les scenarii intermédiaires, qui intègrent l'ensemble des paramétres (demande sociale, contrainte environnement, développement industriel), supposent un recours à l'énergie nucléaire dans des proportions allant de 40 à 70%; ils retiennent d'une part, le réacteur EPR, d'autre part, la poursuite du retraitement-recyclage afin de limiter la croissance du stock de Pu contenu dans les combustibles usés. Le choix du retraitement est ainsi validé, qu'il s'agisse d'un retraitement immédiat pour recyclage dans les combustibles MOX ou d'un retraitement différé avec entreposage temporaire des combustibles usés en surface. Quels que soient les scenarii, la part des énergies renouvelables (hors énergie hydraulique) restera modeste : de 4 à 10% de la production électrique en 2050 selon les hypothèses et c'est le gaz qui, dans tous les cas, se substitue au nucléaire et constitue la seule alternative crédible.

Commentaires

De cette étude, qui ne préconise aucune solution, on peut déduire valablement qu'une éventuelle décision d'abandon du nucléaire, similaire à la décision allemande, ne pourrait se justifier ni pour des raisons économiques, ni pour des raisons d'environnement. Ce serait un choix politique.

Concernant la R & D nucléaire, le rapport valide les orientations de la direction générale du CEA :

- ◗ renforcement de la compétitivité économique du parc
- • accroissement de la durée de vie du parc actuel
- • augmentation du rendement des prochains réacteurs
- ◗ augmentation de l'acceptabilité
- • mise au point de nouveaux combustibles permettant de diminuer la quantité de déchets à vie longue par kWh produit
- • stockage définitif des déchets « ultimes » (au moins B et C) du nucléaire
- • radiobiologie
- ◗ définition de nouveaux types de réacteurs plus propres et consommateurs de déchets.

Cependant, la définition des déchets ultimes retenue par le rapport - « déchets dont la valorisation ne peut être réalisée dans les conditions techniques et économiques du moment » - peut conduire à considérer le plutonium comme un déchet ultime dès lors qu'il ne fait pas l'objet d'un recyclage immédiat. Or, le plutonium associé à l'uranium est une ressource énergétique majeure, qui effectivement, dans les conditions économiques du moment, n'est valorisée qu'à 60% dans les combustibles MOX. Tant que le Pu n'a pas fait l'objet d'un stockage définitif irréversible, il ne devrait pas être considéré comme un déchet.

Par ailleurs, le rapport surestime un risque d'éventuels relâchements radioactifs de déchets en stockage définitif alors que ce risque est maîtrisé, localisé et différé dans le temps. Et en revanche, il minimise le risque majeur, immédiat et global des gaz à effet de serre (GES), induit par l'utilisation des combustibles fossiles.

La mise en œuvre du programme nucléaire a été, il faut le rappeler, le seul moyen de réduire durablement les émissions des GES, qui ne cessaient de croître depuis 200 ans.

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

"*Cette étude confirme d'abord la meilleure compétitivité actuelle et future du kWh nucléaire face à celle du gaz. Par ailleurs elle considère le retraitement nucléaire comme écologique : il permet d'économiser les ressources naturelles et de réduire les déchets à stocker." Communiqué de presse de Christian Pierret, Ministre de l'Industrie 31 juillet 2000.*

Le rapport ne permet pas de conclure sur la compétitivité actuelle du kWh nucléaire par rapport au gaz puisqu'il n'a pas étudié cette question, sans intérêt pour la France aujourd'hui, alors que sans installation de production électrique significative fonctionnant au gaz naturel, elle dispose d'un parc électrique surdimensionné. La compétitivité du nucléaire n'aurait pu être comparée aujourd'hui de façon significative qu'avec les installations hydrauliques et charbon existantes, susceptibles de fonctionner en base ou semi base comme le nucléaire. Le nucléaire ne sortirait peut être pas gagnant de cette analyse ! Pour ce qui est du futur, la compétitivité du nucléaire par rapport au gaz n'est acquise que dans certains des scénarios d'évolution du coût du gaz (voir note précédente).

Concernant le retraitement dont le rapport se garde d'affirmer qu'il est "écologique", les auteurs indiquent en effet que sa poursuite permettrait d'économiser 5% environ d'uranium naturel et 10 à 15% de plutonium à stocker en fin de vie du parc, mais insiste sur le fait que sa poursuite entraîne un surcoût de 30 à 40 milliards de francs selon les scénarios (41 ou 45 ans de durée de vie, 20 ou 28 tranches "moxées ") par rapport à son arrêt en 2010. D'autre part, les masses et volumes de déchets indiqués dans les divers tableaux et retranscrits ci-après montrent que la réduction des "déchets à stocker" ne va pas de soi.

"*Nombre de conclusions du rapport relèvent de l'évidence, par exemple : que les dépenses sont moins élevées dans l'hypothèse d'une basse consommation d'électricité" critique du rapport Charpin-Dessus-Pellat d'Achille Ferrari dans la Revue de l'énergie d'octobre 2000*.

Tout d'abord, il n'est pas trivial de montrer que, pour la même qualité de service rendu, les scénarios à basse consommation d'électricité engendrent des économies de l'ordre de 14 milliards de francs par an dont il faut soustraire il est vrai les dépenses publiques d'incitation à l'adoption de technologies de maîtrise de l'électricité prouvées comme économiques mais non encore largement diffusées.

Mais c'est omettre le second message du rapport à ce sujet qui lui n'a rien d'évident : le kWh produit dans les scénarios bas coûte moins cher que le kWh produit dans les scénarios haut essentiellement parce qu'on évite ainsi les frais d'investissement et d'exploitation d'équipements situés en amont (gazoducs, stockages) et en aval (lignes de transport) de la production d'électricité.

"*Toutefois et en écrivant cette lapalissade économique : les scénarios de sortie du nucléaire après trente ans de durée de vie pour le parc existant sont toujours plus chers que ceux qui retiennent quarante cinq ans de durée de vie moyenne..." Le nucléaire est-il encore rentable ?*

Alain Rivat, Sortir du nucléaire, n°11 octobre 2000.

Il est surprenant que la revue "Sortir du nucléaire" considère cette conclusion comme une lapalissade. En effet le rapport indique tout d'abord que cette assertion n'est valable que pour une demande électrique déterminée et montre qu'il peut être moins onéreux de sortir au bout de 30 ans du nucléaire dans un scénario de croissance modérée de demande électrique que d'y rester au delà dans un scénario de plus forte demande d'électricité. D'autre part, et vu l'importance des coûts d'exploitation des centrales nucléaires mise en évidence par les rapporteurs (43% des dépenses globales), l'économie entraînée par une prolongation de la vie du parc ne va pas de soi. Cette conclusion des rapporteurs suppose en effet à la fois que les conditions d'exploitation des centrales s'améliorent très sensiblement (de 70% à 85% de taux d'exploitation entre 2000 et 2025) et se maintiennent au-delà, malgré le vieillissement du parc. Elle suppose aussi que les usines de retraitement et de fabrication du combustible MOX tournent sans incident à leur capacité nomi-

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

nale tout au long de la période envisagée (en particulier maintien des contrats étrangers).

"*Le retraitement, dont le coût ne dépasse pas un centime le kWh, réduit par cinq le volume des déchets et par 10 ceux que l'on devra stocker in fine*". *Propos attribués à Anne Lauvergeon (Cogema) par Enerpresse (n° 7686 du 20 octobre 2000)*. Ces propos sont en contradiction avec les résultats publiés dans le rapport "Etude économique prospective de la filière électrique nucléaire". En effet, la comparaison entre un scénario à 28 tranches "moxées" et 45 ans de durée de vie et un scénario fictif sans retraitement depuis l'origine fournit d'après ce rapport, les résultats présentés dans le tableau 1.

Le MOX étant plus chaud que l'UOX il est équivalent d'entreposer 5 à 6 tonnes d'UOX pour 1 tonne de MOX. Sur cette base en équivalent UOX, le bilan comparatif en tonnes à entreposer fait apparaître les chiffres présentés dans le tableau 2 pour les combustibles irradiés et non retraités.

Le retraitement permet donc d'éviter l'entreposage de 25 % à 40 % en masse du combustible au prix d'une augmentation de l'ensemble des déchets B et C à entreposer et/ou stocker.

En ce qui concerne les volumes de stockage, sachant qu'il faut 2 m^3 pour stocker une tonne d'UOX irradié[2]., le bilan global en m^3 s'établit selon les tableaux 3 et 4, l'un pour les combustibles irradiés et les déchets C, l'autre pour les déchets B qui ont des caractéristiques différentes.

La solution retraitement plus MOX, sur la durée de vie du parc existant, telle qu'elle peut être mise en œuvre (passage de 20 à 28 tranches « moxées ») induit des volumes de stockage des combustibles irradiés plus déchets C analogues (de ~ 10 % à + 1% pour la solution retraitement selon les hypothèses d'équivalence retenues) et un doublement du volume nécessaire au stockage des déchets B.

Ce résultat est en contradiction avec les propos cités qui supposent sans doute des hypothèses restées implicites (mise en place de nouvelles filières, prise en compte d'une partie seulement des déchets, etc.).

Ministère de l'Industrie - Communiqué du 31 juillet 2000

Etude sur la filière électrique nucléaire

Christian Pierret félicite Messieurs Charpin, Dessus et Pellat pour la qualité de l'étude qu'ils viennent de remettre au Premier Ministre. Ce travail, qui aura duré près d'un an et mobilisé des experts de très grande qualité, apporte enfin toute la clarté nécessaire aux questions liées à l'économie de la filière électrique nucléaire.

Cette étude confirme d'abord la meilleure compétitivité, actuelle et future, du kWh d'origine nucléaire face à celle du gaz. Par ailleurs, elle considère le retraitement nucléaire comme écologique : il permet d'économiser les ressources naturelles en uranium et de réduire les déchets à stocker.

De plus, les surcoûts engendrés par les émissions de carbone - que la France s'est engagée à réduire dans le cadre des accords de Kyoto – sont très supérieurs à ceux liés à la gestion des déchets et au démantèlement des installations.

Les scénarios à fort contenu nucléaire sont en définitive ceux qui, pour l'avenir, se révèleront les plus économes et les moins agressifs à l'égard de l'environnement, relève Christian Pierret.

Cette étude vient donc confirmer la pertinence des arbitrages du Premier Ministre de décembre 1998 : le nucléaire est l'un des piliers de la politique énergétique de la France et le restera si l'on développe la maîtrise de la demande de l'énergie et si l'on reconnaît une place importante au gaz et surtout aux énergies renouvelables.

Christian Pierret rappelle enfin sa volonté d'aboutir rapidement à un accord politique sur la future Directive européenne relative aux sources d'énergies renouvelables. Il la présentera au cours du Conseil Energie à Bruxelles, le 5 décembre prochain.

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

Le nucléaire et l'effet de serre

"*Le parc nucléaire français permet d'éviter d'émettre 1,8 milliard de tonnes de CO_2 par an en France" Propos attribués à Anne Lauvergeon (Cogema) par Enerpresse (n°7686 20 octobre 2000)*.

En 1998 l'électricité d'origine nucléaire produite pour les besoins des consommateurs français était de 329 TWh, dont 29 correspondent à l'autoconsommation du secteur nucléaire (notamment Eurodiff). En l'absence de nucléaire, il aurait donc fallu produire environ 300 TWh à partir de combustibles fossiles. En l'état actuel des techniques, on le ferait avec du gaz dans des cycles combinés dont le rendement dépasse depuis plusieurs années 50 % (en 2000, 52 à 55 %).

Sur la base d'un rendement de 50 %, la quantité d'équivalent CO_2 produite par ces turbines est de l'ordre de 420 grammes par kWh (en tenant compte de l'amont de la filière gaz).

Le parc électrique capable de produire les 300 TWh requis en 1998 aurait donc produit 126 Mtonnes de CO_2.

En 1998 la consommation de produits fossiles des transports s'est élevée à 49 Mtep dont 23 pour les seules voitures et 8 pour les petits utilitaires. Compte tenu de la répartition essence/gazole des parcs les émissions de CO_2 par tep sont de l'ordre de 3,5 tonnes d'équivalent CO_2 par tep (en tenant compte de l'amont de la filière gaz), soit 169 Mtonnes d'équivalent CO_2 pour l'ensemble, dont 109 Mtonnes pour le parc automobile (véhicules privés + petits utilitaires) et 81 Mtonnes pour le seul parc de véhicules particuliers.

Les ordres de grandeur sont donc de 100 millions de tonnes pour chacun des secteurs et non de 2 milliards de tonnes comme indiqué dans le texte cité et les différences entre émissions des transports automobiles et économies d'émission par l'électricité nucléaire de 10 à 36 % selon la définition du parc automobile qu'on retient et non pas de 300 %

Tableau 1. Volumes ou masses de déchets en 2050 (durée de vie 45 ans, avec ou sans retraitement)

Scénarios	28 tranches " moxées "	Pas de retraitement
UOX irradié (t)	17 600	58 300
MOX irradié (t)	4 800	0
Déchets B (m3) (1)	18 090	0
Déchets C (m3)	4 800	0
soit en conteneur (m3)	24 000	0
Plutonium (t)	514	667

* Hors déchets B des centrales, estimés dans les deux scénarios à 20 000 m³

Tableau 2. Comparaison des scénarios du point de vue des combustibles irradiés

Equivalent UOX (t)	28 tranches " moxées "	Pas de retraitement	Ecart en % S7/S6
Hyp. UOX+6MOX	46 400	58 300	+ 25%
Hyp. UOX+5MOX	41 600	58 300	+ 40%

Tableau 3. Volume de stockage des combustibles irradiés et des déchets C selon les stratégies (avec ou sans retraitement)

Volume de stockage (m3)	28 tranches " moxées "	Pas de retraitement
Equivalent UOX	83 200 à 92 800	116 600
Déchets C	24 000	0
Total	107 600 à117 200	116 600

Tableau 4. Volume de stockage des déchets B avec ou sans retraitement (fonctionnement des centrales compris)

Volume de stockage (m3)	28 tranches " moxées "	Pas de retraitement
Déchets B	38 000	20 000

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

comme indiqué dans le texte cité.

"*Selon certains experts*[3], *la Chine, si elle poursuit sa croissance au rythme actuel sans recourir au nucléaire, produirait en 2050 huit fois plus de CO_2 que l'ensemble du monde industrialisé" Propos attribués à Anne Lauvergeon (Cogema) par Enerpresse (n° 7686 du 20 octobre 2000)*.

Cette affirmation conduit à affecter une émission de carbone due à la consommation d'énergies fossiles en Chine à l'horizon 2050 de 8 * 4,13 = 33 Gtonnes de carbone[4]. Pour émettre la masse de carbone indiquée, il faut brûler 33 Gtep de charbon, ou 41 Gtep de pétrole, ou 55 Gtep de gaz. La consommation d'énergie fossile ainsi prévue en Chine (pour une population estimée à cette époque par l'ONU à 1900 millions d'habitants contre 1250 millions en 1990[5]) se situerait dans une fourchette de 33 à 55 Gtep selon le mix d'énergies fossiles retenu. A cette consommation devraient évidemment s'ajouter les consommations d'énergie renouvelables, en particulier l'hydraulique et la biomasse.

La consommation d'énergie fossile par habitant atteindrait donc de 17,4 à 29 tep selon le mix retenu, sans compter les énergies renouvelables, soit 2,5 à plus de trois fois la consommation d'un américain d'aujourd'hui, 60 à 90 fois celle d'un chinois d'aujourd'hui.

L'examen des scénarios les plus optimistes de développement de la Chine (les scénarios A de l'IIASA réalisés pour le compte du Conseil Mondial de l'Energie) montre que ces consommations d'énergie fossile sont irréalistes. Dans le plus "charbonnier" de ces scénarios de forte croissance économique, la consommation d'énergie fossile de la Chine atteint 3 Gtonnes à cette époque sur un total de 4,5, soit respectivement 1,6 tep et 2,4 tep par habitant pour un revenu moyen de 11 000 dollars par habitant ppa en 2050 (1900 $ppa en 1990).

Il s'en faut donc d'un facteur de 10 à 20 avec les affirmations des « experts » cités en référence.

Notes

1 Les résultats affichés tiennent compte d'un très gros progrès technique dans le compactage des déchets B comme le montre le tableau ci dessous

m3/tonne	1977	1996	2000	2010
Déchets B coques et embouts	0,68	0,68	0,14	0,12
Déchets B autres	0,55	0,55	0,45	0,30 puis 0,15

2 Le volume nécessaire au stockage d'une tonne d'UOX varie entre 1,5 et 2m3 selon les auteurs

3 A notre connaissance les experts en question sont Georges Charpack dans son livre "Feux follets et champignons nucléaires" p 116, Editions Odile Jacob, 1997, que Jean Syrota alors directeur de la Cogema a repris à son compte dans un document de cette entreprise intitulé "Perspectives énergétiques mondiales et contribution du nucléaire" (Enerpresse du 3 avril 1997).

4 Sur les 5,95 Gtonnes de carbone émis au monde en 1997, 4,13 le sont en effet par les pays industrialisés.

5 "Global energy perspectives to 2050 and beyond" IIASA, 1995

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

Interviews à froid

Entretien avec

Bernard Tinturier

Conseiller sur les questions nucléaires auprès de François Roussely, Président d'EDF

Global Chance

Le rapport Charpin-Dessus-Pellat, commandité par le Premier ministre, est un document d'analyse destiné au politique. Il intéresse cependant au premier chef les industriels du secteur, au premier rang desquels l'opérateur EDF. Votre point de vue d'exploitant, différent de celui des décideurs politiques, est-il pris en compte dans le rapport ?

Bernard Tinturier

Je précise d'abord que je m'exprime ici à titre personnel puisque EDF n'a pas pris position sur le rapport Charpin-Dessus-Pellat.

Les points de vue diffèrent effectivement sur plusieurs points. Le premier est que pour l'exploitant, le problème n'est pas de savoir si on va faire du nucléaire ou pas, du gaz ou autre chose. Il va simplement analyser la structure de la demande – pas du point de vue de l'État –, regarder comment transporter et distribuer le courant. Ensuite il va regarder la structure de cette demande dans l'instant, dans l'espace, et notamment en fonction des contraintes qu'il a sur le marché européen. Une des critiques qui a été faite au rapport c'est effectivement de se limiter à la France alors que le point de vue de l'exploitant est plutôt européen.

Une autre différence de point de vue – ceci n'est d'ailleurs pas une critique – est que le rapport s'est centré sur un échange nucléaire/gaz, alors que pour nous il y a bien d'autres solutions, en particulier le charbon propre. Le vrai problème de l'énergie, c'est d'utiliser le charbon, puisque c'est la seule ressource fossile qui offre des réserves de plusieurs siècles. Actuellement le problème est de l'utiliser là où il y en a, notamment en Chine, en Inde, etc. Et même d'ailleurs en Europe, puisqu'il se transporte bien, à condition de le brûler proprement.

G.C. *: C'est un document extrêmement dense, avec énormément de données, et une méthodologie très construite, mais pas de recommandations. Ces spécificités rendent-elles le document utile dans le débat public, et utilisable par les différents décideurs ?*

B.T. : Je pense que oui, parce que justement sur un sujet aussi complexe, avec des possibilités de variations quasi-infinies, il aurait été extrêmement présomptueux de la part des rapporteurs de dire : “voilà la solution pour la France dans les 50 ans à venir”. S'ils étaient tombés dans ce piège – qu'on ne leur a pas tendu, d'ailleurs, puisqu'on ne leur a pas demandé de conclure – ils

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

sur un sujet brûlant

auraient immédiatement été taxés d'être présomptueux, voire vaniteux. S'il y a bien une constante dans l'expertise énergétique en effet, c'est que tous les experts se sont généralement trompés. Donc dire “voici quels sont les choix et ce qu'il faut faire” aurait immédiatement nui à la crédibilité du rapport.

Au contraire, ce que je trouve très intelligent dans ce rapport est qu'il est bien présenté comme une étude, avec ses hypothèses, son lot de contraintes, qui essaie dans un certain nombre de scénarios de décrire ce qui va se passer en se polarisant sur un certain nombre de points. Par exemple pour le nucléaire on regarde les flux de matières, les problèmes liés à la durée de vie, à la rentabilité de tel ou tel choix sous différentes hypothèses. D'un autre point de vue, ce que je trouve intéressant dans ce rapport et dans le débat public, c'est qu'il y a effectivement énormément de données. Il est difficile à lire, c'est vrai. Beaucoup de gens en font des commentaires qui sont variables en fonction du point de vue qu'ils veulent porter, et c'est normal. Il y a l'analysé de Jean-Michel Charpin, celle de Benjamin Dessus, il peut y avoir celle de René Pellat. À titre complètement personnel, car je ne suis pas un économiste, je trouve que le débat sur les taux d'actualisation est un peu étrange. Dans une présentation du rapport devant la SFEN[1]. Jean-Michel Charpin nous a récemment expliqué que le débat parmi les économistes sur cette question était tellement ouvert que l'on était presque arrivé à une impasse intellectuelle, alors que j'imaginais que cette notion relevait d'une espèce de dogme intouchable !

Personnellement, je trouve que la présentation retenue dans le rapport est astucieuse. Bien sûr, elle a des défauts par rapport à l'orthodoxie des économistes, mais je trouve qu'elle est originale. À partir du travail fait sur le parc actuel, on peut regarder les dépenses qui ont été faites au jour le jour au cours des années, en actualisant non pas pour tenir compte du taux d'actualisation dans son sens premier mais seulement de la dérive de la monnaie, et on voit des choses intéressantes, en particulier ce que l'on peut tirer du fonctionnement d'un parc avec différents prix de l'électricité, etc. Bien sûr, il ne faut pas tomber dans le piège de comparer ça avec les calculs de la DIGEC[2]. Mais pour moi, non économiste, cette manière de calculer est plus parlante et plus compréhensible que les calculs actualisés.

Compte tenu de la difficulté d'accès au cœur du rapport “Etude économique prospective de la filière électrique nucléaire”, nous avons choisi d'ouvrir le débat en interrogeant une partie des acteurs principaux de la filière. Nous avons bien conscience du caractère non exhaustif de la démarche, mais nous avons rencontré le plus souvent une grande ouverture d'esprit chez les personnes contactées et remercions celles qui ont bien voulu s'exprimer dans nos colonnes. Global Chance a demandé à deux de ses membres, Claire Weill et Yves Marignac, de réaliser et de transcrire les entretiens.

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

***G.C** : Vous avez déjà en partie évoqué les résultats principaux de ce rapport et la lecture qui peut en être faite par EDF. Le rapport aboutit en effet à plusieurs résultats présentés comme nouveaux sur l'aval du cycle, sur les coûts d'exploitation, sur le recul de l'échéance pour le renouvellement du parc et l'opportunité de l'EPR*.

Ces résultats sont-ils conformes aux analyses d'EDF, et vont-ils jouer un rôle dans les discussions de l'entreprise avec ses différents partenaires (par exemple la DSIN sur la durée de vie, COGEMA sur l'aval du cycle ou Framatome sur l'EPR) ?

B.T. : Les résultats obtenus par le rapport sur la prolongation de la durée de vie n'ont pas constitué pour nous une surprise. Au contraire, ils ont confirmé les chiffres que nous avions en interne, en montrant effectivement la grande sensibilité du coût du kWh à l'augmentation de la durée de vie du parc. Il est bien évident que c'est une des orientations stratégiques d'EDF que d'utiliser le parc le plus longtemps possible, puisque une fois l'investissement amorti on aura quelque chose qui marchera en coût proportionnel. Bienentendu cela augmentera la proportion des frais de fonctionnement. Ce qui est intéressant pour nous est que ce rapport fasse apparaître pour la première fois une durée de vie de 41 ans. Certes la fourchette 41 à 45 ans est un peu courte, puisqu'au nom du principe précédent on essaiera d'aller le plus loin possible dans une orientation établie avec la DSIN, mais c'est très intéressant de tester la sensibilité sur 4 ans qui permet de voir très vite le gain. Donc là-dessus, pas de surprise, et confirmation que c'est une donnée très importante sur le plan économique, avec toutes les réserves nécessaires sur le plan de la sûreté.

Sur la discussion avec la COGEMA, la politique d'EDF est toujours la même. Le parc charge chaque année 1 100 tonnes de combustible, et on ne sait pas encore quelles seront les décisions qui seront prises dans l'avenir proche ou plus éloigné sur le traitement des déchets. Il est donc absolument essentiel de garder la flexibilité maximum dans la gestion de l'aval du cycle. D'où la stratégie retenue par EDF, qui est une stratégie de flexibilité, d'adaptation : on laisse ouvert le MOX, on laisse ouvert le retraitement, on laisse ouvert l'entreposage et les études sur le stockage direct. L'équilibre qui est trouvé là, a d'énormes avantages. Pendant un très grand nombre d'années, au moins une ou deux décennies, il ne nécessite pas la construction d'installations nouvelles dans l'aval du cycle : on tient un équilibre dynamique et c'est une donnée absolument essentielle du point de vue économique.

Concernant la "rentabilité" du MOX, c'est vrai qu'on peut dire (avec les hypothèses du rapport) qu'à 1 % près un scénario est plus cher que l'autre. Mais moyennant les réserves déjà faites, ce n'est évidemment pas suffisant pour décider. Il est un autre avantage qui n'a pas été pris en compte par les rapporteurs : c'est l'énorme gain que l'on fait sur le conditionnement des déchets. En gros, on a des déchets de haute activité qui sont vitrifiés, et se trouvent donc dans un état qui permet leur entreposage pour un siècle et même au-delà – on a déjà des expériences sur des verres à Marcoule qui datent de 50 ans. De plus on diminue, et cela les rapporteurs l'ont bien signalé, les volumes en retraitant 7 assemblages UOX pour en faire un MOX. Ceci permet un gain énorme sur les capacités d'entreposage, ce qui nous permet justement de vivre pendant très longtemps avec les capacités actuelles de La Hague. C'est une donnée qui ne s'analyse pas uniquement en termes économiques, mais en souplesse et en garantie d'exploitation pour l'entreprise EDF.

***G.C.** : Sur ce point, le rapport montre cependant que le MOX, plus chaud, impose un temps d'entreposage avant une solution définitive comme le stockage profond largement supérieur à celui qui est nécessaire pour l'UOX – 150 à 200 ans au lieu de 50 ans.* B.T. : C'est exact, il faut attendre que le MOX refroidisse plus longtemps, mais le temps de refroidissement est proche de celui des verres. Ce n'est pas pour moi une

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

contrainte supplémentaire. S'il y a un problème on peut toujours faire du stockage direct ou retraiter les MOX pour faire des verres : on revient au problème précédent. Mais le problème ne se posera que dans 50 ans.

Notre pays a un parc qui vaut 600 milliards, qu'il faut rentabiliser au maximum pour la communauté nationale. Cette rentabilité passe notamment par une grande souplesse d'exploitation. Dès que l'on ferme des voies et qu'on se laisse canaliser dans une voie ou dans une autre, on perd des degrés de souplesse d'exploitation et ce n'est pas bon. Tant qu'on n'a pas de décision économique, politique, scientifique, technique sur les solutions définitives de la fin de cycle, il est évident qu'on doit garder un maximum de souplesse. Et le MOX en donne une considérable, puisque avec 7 éléments on en fait un.

Certes la durée d'entreposage est augmentée. Si on voyait qu'on n'est pas capable de garder du MOX dans une piscine trop longtemps, il faudrait envisager – à titre personnel je suis convaincu qu'on le fera – un retraitement-conditionnement. Je ne crois pas personnellement au stockage direct, qui me paraît être une solution qui coûte extrêmement cher – les Suédois annoncent en tous cas que ça coûtera très cher, en termes essentiellement de containers. Je crois beaucoup plus à un retraitement, qui ne séparerait d'ailleurs pas forcément tout le plutonium pour en faire du MOX – si il n'y en a pas besoin.

Donc nous sommes complètement d'accord avec les analyses du rapport.

G.C. *: Il reste la question de l'avenir de l'EPR. Ce point a été rapproché par certains intervenants de la limitation du rapport à une problématique nationale, "franco-française"...*

B.T. : Ça, c'est un exercice imposé. Il est évident que la crédibilité des conclusions du rapport est moins grande lorsqu'on prend un point de vue plus large, européen. Le marché de l'électricité est évidemment européen, et il le restera – il s'ouvrira même de plus en plus. L'analyse "franco-française" limite un peu, mais d'un autre côté elle a l'avantage de nous concentrer sur un problème précis. Si on généralise trop en invoquant le marché européen, on perd en précision d'analyse : on compare des choses très différentes d'un pays à l'autre, des vecteurs énergétiques différents, etc.

G.C. *: Est-ce que la notion non seulement de production, mais de parc national – y compris nucléaire – a un sens à échéance 2050 ? EDF pourrait par exemple envisager de vendre une partie de ses réacteurs à d'autres exploitants...*

B.T. : Revendre, je ne sais pas... La question ne se pose pas en termes de "ça a du sens ou pas". C'est une question qui dépendra du marché, des contacts qu'on peut avoir avec les uns ou avec les autres, etc. Je ne pense pas que les problèmes des besoins et du parc s'analysent comme ça.

Une remarque à ce sujet. Le rapport envisage l'augmentation de la production décentralisée, pour se débarrasser notamment des lignes à haute tension. On était alors en pleine période d'après tempête ! Ce faisant le rapport a oublié une dimension importante : le réseau ne fait pas que transporter le courant, il permet de mutualiser les capacités de production. Si on n'avait pas le réseau, il faudrait 2 à 3 fois plus de puissance installée. C'est à mon avis quelque chose que les défenseurs du décentralisé – que j'aime bien par ailleurs – ne voient pas. Certes le travail du rapport n'est pas de regarder les réseaux de transport, mais manifestement cette dimension là mériterait d'être prise en compte, surtout si on se place à l'échelle européenne.

Donc des ventes de réacteurs, peut-être pas, mais il est vrai que la dimension européenne avec un réseau qui permettra de garder cette interconnexion va modifier les choses. Si le parc nucléaire français continue à fonctionner dans les années qui viennent, il sera une originalité par rapport à d'autres pays qui ont abandonné le nucléaire et qui deviennent dépendants.

G.C. *: Et l'extension au contexte européen donne-t-elle une chance à l'EPR, dont le rapport montre qu'on n'en a pas besoin avant longtemps dans le contexte national ?*

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

B.T. : Je pense que l'EPR pose actuellement plus de problèmes politiques que techniques. Techniquement, si demain on avait besoin d'un EPR, il est constructible, il est parfaitement au point, les dossiers sont prêts.
D'autre part dans le rapport, on compare un réacteur qui est pratiquement constructible demain, qui est une évolution sérieuse sur le plan de la sûreté, du fonctionnement et du cycle du combustible, avec des réacteurs dits RHR-1 et RHR-2 qui eux sont certainement intéressants – j'y crois pour ma part beaucoup – mais qui sont seulement des réacteurs "papier". Dans un cas, on a quelque chose qui est disponible très rapidement, dans l'autre cas on a encore beaucoup de recherches à faire. Ce n'est pas vraiment comparable en termes industriels.

***G.C.** : Le rapport présente ce résultat comme une chance pour le nucléaire, en disant que finalement en reculant l'échéance on n'est pas obligé de sauter sur l'EPR et on peut réfléchir à d'autres types de réacteurs. Très concrètement, sans ventes d'EPR que restera-t-il de l'outil industriel Framatome pour lancer dans 25 ans les RHR ?*
B.T. : C'est la bonne question. Il faudra, effectivement, avant le renouvellement du parc, un réacteur relais qui ne sera peut-être pas un réacteur de la future série qui s'installera en France si les citoyens veulent poursuivre le nucléaire en 2030. Mais il faut un réacteur qui puisse permettre de maintenir le niveau de capacité de l'industrie française et des chercheurs, et qui permette de mesurer l'évolution normale qui doit se produire en matière de sûreté, de fiabilité, ou sur des nouveaux cycles du combustible. Les réacteurs actuels, conçus dans les années quatre-vingts vont vivre jusqu'en 2030–2035. On voit mal comment une technologie aussi complexe et évolutive que le nucléaire – surtout quand elle aura redémarré ailleurs – pourrait chez nous rester assise sur des données de 1990 pendant un demi siècle. Je pense donc que la commande suivante aura lieu avant le renouvellement du parc. Du point de vue de l'exploitant, il faudra aussi regarder s'il ne vaut pas mieux faire du charbon, du gaz, de l'éolien, ou autre chose encore. Là il y a un décalage de vue. EDF dans un marché libéralisé ne sera plus seul porteur de la cause nucléaire : si on nous dit "faites du courant", on le fera avec les meilleures solutions pour l'entreprise. C'est une vision complètement différente de la vision de l'État, dont je me demande d'ailleurs si elle ne va pas se déplacer dans le cadre d'une vision européenne.

C'est dans ce contexte qu'il faudra probablement quelque chose dans le nucléaire au milieu de cette longue période qui va aller de 2000 à 2035. Cela dit, je ne suis pas non plus partisan d'un discours sur le maintien des compétences à tout prix. Je ne crois pas qu'il faille les maintenir au-delà d'un certain temps – je pense qu'il est raisonnable de se fixer 5 ou 10 ans – et tomber dans le schéma du *Désert des Tartares* à attendre pendant des années que quelque chose se passe. Quitte à reconstituer pluis tard ces compétences si besoin était.

***G.C.** : Les scénarios du rapport font une place importante au retraitement, qui reste l'option principale avec même dans les scénarios pour le futur un retraitement du MOX. En se projetant sur la période 2000–2050, est-ce que ces scénarios sont compatibles avec les impératifs de compétitivité d'une stratégie industrielle, notamment pour EDF, et avec l'évolution internationale ?*
B.T. : Sur la compétitivité, c'est tout à fait simple : on fera une analyse, par tranches de 5 ou 10 ans, et on regardera dans les années à venir en fonction des contraintes politiques, techniques, scientifiques du moment, quelle est la meilleure solution. La politique actuelle est de laisser le maximum de portes ouvertes pour avoir des sorties possibles et ne pas se faire limiter par une pseudo décision, car personne n'est capable aujourd'hui de dire comment sur 50 ans les choses vont évoluer sur le marché de l'énergie.
Il ne s'agit pas de dire qu'on a décidé de faire du retraitement jusqu'à la fin des temps, ou qu'on a décide de faire de l'entreposage, mais de laisser ouvertes le plus de possibilités.

***G.C.** : Peut-on imaginer qu'EDF continue cette poli-*

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

tique si elle est abandonnée par l'ensemble des autres exploitants, et en particulier qu'EDF maintienne sa compétitivité au plan européen dans un tel contexte ?

B.T. : Oui, je crois, sans gros problème. Ce n'est pas la première fois que les Français seraient indépendants sur le plan international. On est par exemple les seuls à avoir inventé les 35 heures, et on a ainsi des dizaines d'exemples où la France ne fait pas comme les autres. Celui-là n'en serait qu'un de plus, ce n'est pas très gênant. La vraie question est effectivement l'économie sur le long terme. Si les options actuelles venaient à être démontrées comme vraiment non compétitives, et que l'on finisse par arrêter le nucléaire, alors on stopperait bien sûr dans cette voie. Mais sur le contexte international, je ne suis pas trop inquiet, parce qu'il est en train de changer sérieusement. Et tous les discours sur l'isolement de la France devraient s'intéresser aussi à d'autres cas de figures. Je pense que c'est plutôt l'isolement de l'Allemagne qui va être intéressant à suivre, ou l'isolement de la Suède.

G.C. : *Une critique a été portée au rapport sur la différence de traitement entre la filière gaz, avec un aléa très important sur le prix des combustibles, et la filière nucléaire, avec extrêmement peu d'aléas et des hypothèses globalement optimistes. Comment jugez-vous les scénarios sur ce plan, et en particulier l'hypothèse centrale dans le rapport d'augmentation forte du coefficient de production du parc ?*

B.T. : Le coefficient de production est aujourd'hui de l'ordre de 70 %, et ce n'est pas suffisant. On est le seul parc au monde à avoir un coefficient de production aussi faible. C'est la conséquence bien connue du fait qu'on fait du suivi de réseau et que nous n'avons pas de nucléaire en base. Bien entendu, on peut en tirer des conséquences sur 50 ans. On peut également dire que si la France et l'Europe connaissent un taux de croissance suffisant dans les années qui viennent, dans 10 ans on ne parlera plus de ce problème, on aura le nucléaire en base, ce qui est évidemment la meilleure solution : pour l'exploitant : un réacteur qui marche pendant 2 ans sans qu'on l'ouvre à 100 % de sa puissance, c'est l'idéal.

G.C. : *Le fait de faire fonctionner les réacteurs en base sans les "ouvrir" pendant 2 ans implique, pour ceux qui sont "moxés", de progresser dans la parité tout en augmentant les taux de combustion sur le MOX comme sur l'UOX. Sur ce plan, partagez-vous les hypothèses du rapport ?*

B.T. : Je pense que les hypothèses du rapport sont un peu pessimistes sur les taux de combustion. Je pense qu'on ira assez vite à 48 GWj/t, et que dans l'horizon du rapport on sera même à 55 ou 60 GWj/t, ce qui peut changer pas mal de choses au fonctionnement du parc. Mais pour le moment, on ne peut que partager les conclusions du rapport. Si on se projette sur 50 ans, on aura sûrement progressé là dessus.

G.C. : *Le rapport propose un parallèle, schématiquement, entre le carbone et le plutonium qui pose question à trois niveaux :*

- le principe d'un parallèle entre l'effet de serre et les déchets hautement radioactifs à vie longue, comme externalité et comme problème d'environnement global;

- le fait de concentrer l'analyse sur ces déchets HAVL alors qu 'il existe beaucoup d'autres problèmes spécifiques du nucléaire (les autres déchets radioactifs, la sûreté, etc.);

- le problème du critère, la quantité de plutonium choisie dans le rapport n'étant pas le seul indicateur possible.

B.T. : Je crois que cette quantité de plutonium évité est une notion mal comprise. Les gens croient qu'on fait disparaître le plutonium comme par enchantement; en fait il disparaît, bien sûr, mais il est remplacé par les produits de fission. Donc la notion de plutonium évité n'est pas évidente pour le commun des mortels.

Si on revient sur les trois questions que vous soulevez, la première, le parallèle CO_2-plutonium, personnellement je le trouve original. On en avait parlé dans un groupe de travail du Plan[3], et je trouve que ce n'est pas mauvais de raisonner, ou d'essayer d'envisager les choses sous cet angle là. Cela dit, on arrive très vite à des limites. Dans un cas le CO_2,

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

est vraiment un problème global avec quelque chose qui est envoyé dans l'atmosphère de façon complètement irréversible. Dans l'autre cas, il s'agit d'un problème qui n'est pas global mais complètement et strictement localisé, et qui ne pose problème que dans le cas où effectivement il y aurait fuite à partir d'un stockage. Dans un cas il y a un stockage, qui est prévu pour durer, dans l'autre cas il n'y a aucun stockage, par définition, puisqu'il est rejeté dans la nature. Donc à la limite on pourrait admettre le parallèle si on relâchait le plutonium dans la nature – dans l'océan par exemple. Parler d'externalité plutonium de la même façon qu'on le fait sur le CO_2 suppose que l'on soit clair sur ce point là.
Sur le deuxième point, c'est un choix du rapport de se concentrer sur les déchets HAVL, et il se défend. Il est vrai qu'il existe d'autres externalités, qui ont été regardées notamment dans le rapport européen ExternE[4]. Mais le choix du plutonium pris par le rapport n'a rien de choquant.

G.C. *: Le retraitement-recyclage, s'il améliore le bilan HAVL implique par contre de faire tourner une usine importante comme La Hague, qui génère d'importants déchets de démantèlement. Il implique une surveillance renforcée sur les centrales, une comptabilité du plutonium séparé qui risque d'être détourné, etc. Estce qu'il n'y a pas là une série de conséquences, parfois diffuses, à mettre en regard de l'avantage recherché sur les déchets HAVL alors qu'elles sont souvent oubliées dans la comparaison des stratégies ?*

B.T. : C'est vrai qu'on les oublie, c'est incontestable. Mais il faudrait regarder quelle est l'incidence réelle de ces facteurs, car elle ne me paraît pas... si importante. Ça a d'ailleurs été regardé par ExternE. Le retraitement ne me paraît pas en tant que tel une activité dangereuse. Objectivement, je ne vois vraiment pas ce qui peut sortir de catastrophique d'une usine de retraitement : il n'y a pas de pression, pas d'énergie, c'est de la chimie... Comme toutes les usines de chimie, il faut faire attention, mais le jour où on aura un Bhopal du retraitement, je serai quand même étonné.

Tout le procès technique fait au retraitement est difficilement compréhensible. Le vrai problème, sur le plutonium, c'est la prolifération. C'est pour ça qu'il faut toujours faire très attention à faire du plutonium civil, en limitant la part de plutonium fissile (de Pu 239). Jusqu'à maintenant le système international a fonctionné suffisamment bien pour qu'il n'y ait pas de risque sur ce sujet là, et on sait très bien que les gens qui veulent faire des armes ne passent pas par le plutonium pour les faire. Mais c'est vrai que c'est un sujet à regarder, et il existe des moyens pour cela, surtout si le nucléaire doit se développer.

Personnellement, je pense que le développement du nucléaire ne se fera pas uniquement sur des thèmes comme la lutte contre les émissions de carbone : Il est évident qu'on ne va pas couvrir le monde de centrales nucléaires pour lutter contre le CO_2, et si on ne trouve pas une solution avec le charbon propre, on passe complètement à côté. Le nucléaire se fera, mais dans les pays qui sont capables de le faire, avec une demande suffisante – et de toutes façons, si il ne se fait pas en Europe, il se fera en Asie, il est sûr qu'ils ne nous attendront pas. Dès qu'on va partir sur la demande d'énergie, et même si on fait des hypothèses moins optimistes sur le développement de la population mondiale, il me paraît très difficile de continuer à dire aux gens qu'ils doivent continuer à ne consommer que 2 tep par habitant, alors que tous les pays développés sont à 4 ou 5 fois plus.

Il faudra forcément une autre répartition de la production d'énergie, dans laquelle le nucléaire aura sa place. Pas partout, et pas par milliers de réacteurs répartis en Europe et dans le monde. Et c'est là qu'il faudra effectivement regarder les problèmes de prolifération. C'est pour ça que je pense que des technologies du type HTR, ou des combustibles qui seraient livrés et récupérés dans les pays sont des choses à regarder. Comme le développement sera à mon avis inéluctable, il faudra regarder sérieusement de quoi il s'agit.

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

G.C. *: Le rapport ne se limite pas au nucléaire. Que pensez vous des mix énergétiques que proposent ces scénarios, notamment sur la pénétration des énergies renouvelables et la présentation du gaz comme seule alternative sérieuse au nucléaire ? Et comment réagissez-vous aux résultats importants du rapport sur les avantages, y compris pour le coût du kWh, des scénarios de faible demande, donc d'une politique de maîtrise de l'énergie ? Quelles conclusions en tire EDF pour sa stratégie industrielle et commerciale, au moment où l'entreprise consacre une nouvelle campagne publicitaire à la promotion de Vivrélec et du chauffage électrique ?*

B.T. : En ce qui concerne le mix énergétique, je dirais qu'on a noté qu'il y avait une proportion relativement faible d'énergies nouvelles, notamment d'éolien, dans les scénarios. Je ne sais pas ce que ça sous-entend. Si on veut que cette énergie se développe, il faut mettre en place quelque chose de raisonnable, sinon la vérité des prix gênera longtemps le développement de l'éolien – on voit d'ailleurs déjà les réactions en Allemagne.

Donc je dis, faisons de l'éolien, mais essayons de le faire de la façon la plus raisonnable, et pas en créant des rentes non justifiées.

Pour ce qui concerne le gaz, c'est le débat aujourd'hui en France : si on veut réduire la part du nucléaire, c'est le gaz qui est crédible mais il peut exister d'autres solutions comme le charbon dont nous avons déjà parlé. Sur ce point, le choix du rapport est donc réducteur. Mais il est centré sur la France, et pour la France c'est évidemment le gaz qui est le plus crédible comme alternative au nucléaire : on ne peut donc pas dire que le rapport est hors sujet en ne parlant pas du charbon.

Sur la maîtrise de l'énergie, bien entendu tout le monde ne peut qu'être d'accord pour faire de la MDE[6]. Il faut regarder la rentabilité des capitaux investis dans la MDE. Jusqu'à maintenant la MDE n'a pas été appliquée avec suffisamment de continuité, et on peut faire mieux, sûrement. Donc soyons concrets, développons une MDE raisonnable, et surtout évitons des décisions qui pourraient être trop contraignantes pour les gens. Il faut faire de la MDE incitative, et regarder ensuite quelle est la rentabilité des capitaux investis. Il ne faut surtout pas analyser cela en termes d'interdiction de telle ou telle chose, sinon on court à un rejet. Pour le reste, je reste persuadé qu'on a suffisamment de capacité d'expansion, si l'économie redémarre, pour faire de la MDE intelligente sans mettre en danger les intérêts d'EDF.

G.C. *: La prospective technologique telle qu'elle est envisagée dans les scénarios du rapport relève d'une volonté d'être très innovant sur les filières nucléaires pour améliorer l'aval du cycle. Ceci contraste avec une certaine timidité sur les innovations pour les autres filières, en particulier pour les EnR. Une telle approche se traduit par un déséquilibre de la R & D. La priorité doit-elle effectivement être le développement d'un nucléaire plus propre, ou bien faut-il inverser les priorités pour progresser sur les alternatives ?*

B.T. : Vaste programme... dans un contexte de ressources forcément limitées, on considère a priori que si on met de l'argent sur un secteur donné, on va obtenir des résultats en proportion de l'argent qu'on a versé. En tant qu'ancien chercheur, je trouve cette hypothèse drôlement audacieuse, et je connais bien des endroits où on a dépensé de l'argent pendant des années sans jamais rien trouver.

Le deuxième point c'est qu'en agissant ainsi on fait un peu bon marché des capacités intellectuelles des chercheurs. On leur dit un jour “vous allez faire ceci”, le lendemain “vous allez faire cela”..., j'ai vu beaucoup de modes passer. Il ne faut pas les contrer, parce que ce qui est intéressant c'est d'avoir des gens motivés pour trouver. Mais je me méfie de ces orientations décidées pour des motifs plus ou moins variés où on oriente le chercheur sur des choses vers lesquelles il n'est pas forcément naturellement tourné. En général, c'est source de gaspillages considérables. Ma troisième remarque, c'est que concernant les énergies nouvelles, ou dites nouvelles, il ne faut pas oublier la physique, par exemple le photo-voltaïque. Je veux bien qu'on mette des milliers de cher-

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

cheurs pour faire mieux, mais on ne dépassera pas pour autant le rendement quantique !

G.C. *: Il y a des experts qui adressent le même reproche au discours sur l'objectif d'un cycle du combustible nucléaire totalement fermé...*

B.T. : Je suis tout à fait d'accord sur cette remarque. Je me polarise là simplement sur ce point des énergies renouvelables parce que je dis : “attention, restons raisonnables !”. La relation entre le potentiel de ce qui reste à trouver et l'argent qu'on y injecte est vraiment un point à surveiller sérieusement.

G.C. *: Est-ce que, si on se concentre uniquement sur la recherche fondamentale, sur la recherche matériaux, on n'est pas un peu en dehors du problème ? Par contre, si on essaie de regarder la chaîne globale, est-ce qu'il n'y a pas des progrès à faire, du point de vue industriel ?*

B.T. : Certainement. Par exemple il y a un gros sujet, très difficile, qui est le stockage de l'électricité. C'est un exemple où je me dis que si on fait un gros effort, il existe peut-être une potentialité pour trouver quelque chose. Un autre grand sujet, c'est la pile à combustible. Le problème n'a pas varié depuis 20 ou 25 ans. On sait résoudre tous les problèmes de son fonctionnement, mais il faut notamment un catalyseur qui marche. Tant qu'on n'aura pas résolu le problème économique du catalyseur, on aura du mal à envisager une utilisation massive.

Sur l'ensemble de la chaîne, voilà des maillons sur lesquels on peut avancer. Cette chaîne d'analyse là, vous avez raison, il faudrait peut-être la revoir. Mais sur les deux sujets que je viens d'évoquer, on n'a vraiment pas progressé. Peut-être qu'il faudrait augmenter les budgets, ce qui est d'ailleurs prévu.

Alors, le déséquilibre de la R & D, c'est sûr, il existe. Sur le nucléaire, dans sa version actuelle, je pense qu'on a à peu près réglé le problème. Mais on sent en même temps qu'il peut y avoir des choses complètement nouvelles, de nouveaux types de réacteurs et aussi bien sûr la fusion. Encore que sur la fusion, je crois qu'il faut rester modeste. Par contre, tout ce qui est technologie associée aux réacteurs à haute température, j'y crois. Ce n'est pas de la recherche fondamentale, c'est de la recherche technologique. Et puis, il y aura peut-être le réacteur rapide du futur – le RHR-2 si on se réfère au rapport – mais là on est dans de tels délais qu'on ne peut pas vraiment dire quelque chose de sérieux.

Donc, déséquilibre, oui ! Mais la R & D nucléaire actuellement, sur des technologies vraiment nouvelles, est réduite en France à pas grand chose – alors que ça redémarre aux États-Unis. Au CEA, il n'y a quasiment plus de recherche sur les réacteurs rapides. Mais il y a des recherches sur les nouveaux combustibles, un domaine intéressant où l'on peut faire des progrès.

G.C. *: À ce sujet, comment envis-agez-vous les propositions de nouveaux combustibles retenues dans le rapport – le combustible APA, le combustible mixte thorium-plutonium, etc. ?*

B.T. : Je pense qu'il y a des choses intéressantes à étudier. Il faut améliorer le taux de combustion du cycle actuel; il faut regarder d'autres sources éventuelles que l'uranium 238. C'est au CEA de regarder cela, et ce un peu indépendamment des besoins de l'industriel, qui, si tout va bien, va fonctionner pendant 20 ans sur le système actuel.

G.C. *: Sur l'APA, une des remarques qu'on a pu entendre est que des concepts de recyclage homogène du plutonium dans le parc actuel, plus simples, existent déjà sous le terme générique de combustibles MIX...*

B.T. : EDF n'est pas très orienté vers les solutions MIX. L'APA, c'est un objet de recherche, dont on dit : “ok, vous le faites, c'est intéressant, on regarde”. Du point de vue de l'exploitant, il est préférable de séparer les circuits à plutonium des circuits du combustible UOX. Le MIX a toutes les contraintes des combustibles au plutonium et de l'UOX en même temps. Je pense que tant qu'il n'y n'aura pas de cadre réglementaire et législatif stabilisé, on ne peut pas prendre de risques et se lancer dans une solution de ce genre.

Pour conclure sur le rapport, il est important dans la mesure où il a stabilisé les analyses sur les coûts concernant le parc actuel. Maintenant, à des détails près, tout le monde est bien d'accord

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

sur les coûts du nucléaire. C'est un apport considérable, parce qu'avant, il y avait toujours des désaccords sur le problème de coûts qui ne seraient pas pris en compte, etc. Cette fois-ci c'est une approche globale, complète, avec le sceau du Plan dessus, c'est très important. Cela a permis d'éclairer un certain nombre de points qui n'étaient pas parfaitement lisibles.

Le deuxième point sur lequel il faut insister, c'est l'importance de la durée de vie.

Et le troisième point, c'est la comparaison CO_2 – plutonium. Elle est nouvelle, mais n'allons pas trop loin quand même. Pour le reste, on peut toujours discuter les hypothèses d'avenir du rapport. Mais n'ayant pas conclu par des recommandations, il pose le décor pour les responsables politiques. À la limite, il peut s'interpréter comme : "vous aurez le choix entre le CO_2 et les déchets nucléaires", même si le rapport ne dit pas cela.

G.C. : *Ou "vous aurez les deux" ?*

B.T. : Ou "vous aurez les deux". En tous cas, si le rapport n'est pas facile à lire, il est moins lourd et moins pesant que bien des rapports officiels qui sortent, où tout est calculé et prévu... Il n'est pas fait pour les gens qui ont du mal à lire les tableaux, mais il pose des questions. Il faut maintenant comparer tous ces scénarios, creuser un peu plus, etc.

G.C. : On peut en effet imaginer que des groupes de travail fassent l'analyse de sensibilité des scénarios à différentes hypothèses - notamment celle sur le coefficient de production, dont une variation de 1 seul point peut avoir une répercussion économique très lourde. Ou encore qu'ils étudient l'impact dans les bilans d'aléas sur le parc ou le cycle - puisque le nucléaire, dans le passé, a connu certains dérapages dont les conséquences économiques ont pu être importantes...

B.T. : C'est sûr qu'il y a eu des problèmes. Mais la France a quand même mis en route en l'espace de 30 ou 40 ans un système qui produit 80 % de l'électricité du pays. Il y a peut être des défauts, il peut y avoir eu des problèmes. Cela dit, je considère que le rapport justifie ce choix, d'une certaine façon, et ne s'engage pas sur le renouvellement de ce choix. Si d'autres générations trouvent d'autres possibilités, parfait, mais en tous cas entre 1970, en gros, et 2020-2030, on aura eu un système qui aura fonctionné – j'espère – sans gros pépin. Soit un demi-siècle de production considérable d'énergie, et sans dégâts.

Concernant les affaires de sûreté et de vieillissement, c'est parce qu'on est conscient de cet enjeu qu'on surveille de très près le parc américain. Globalement il a environ 10 ans d'avance sur le parc EDF. C'est une grande sécurité, car ce sont à peu près les mêmes réacteurs. Le rapport signale que le parc nucléaire mondial vieillit et devrait s'arrêter autour de 2020, mais notre parc est beaucoup plus jeune, ce qui est intéressant.

Enfin, il faut voir que ce parc aura fonctionné pendant environ 50 ans, et aura répondu au problème qui lui aura été posé au début des années soixante-dix. Le choc pétrolier de 1973 a créé une panique, avec une explosion des prix et des impôts. Les décideurs de l'époque ont vraiment eu peur et se sont lancés dans ce grand programme qui comme tous les grands programmes français centralisés a été poussé de façon très volontariste. Peut être est on allé un peu trop loin en pourcentage de nucléaire mais nous avons déjà parlé des difficultés de la prévision ! Ensuite on est entré dans une période d'énergie bon marché, et on a peu à peu perdu cette vision de la sécurité d'approvisionnement, etc. Aujourd'hui, cette problématique est en train de revenir.

Notes : voir page 50

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

Entretien avec

Bertrand Barré

Bertrand Barré est Directeur de la Recherche et du Développement de COGEMA et Vice-Président de la Société Nucléaire Européenne.

Il a participé à l'atelier "Les défis du long terme" de l'exertice Énergie 2010–2020 du Plan.

Il s'exprime ici à titre personnel.

Global Chance

Le rapport Charpin-Dessus-Pellat dresse la prospective de la filière nucléaire française pour la première moitié du siècle. Il distingue en particulier des scénarios selon la durée de vie du parc actuel, les choix – y compris entre filières nucléaires – pour son renouvellement et la politique retenue pour l'aval du cycle. L'intérêt principal du rapport réside peut-être dans les résultats nouveaux qu'il apporte sur ces différents points. L'originalité de la méthode, sa « transparence » (avec notamment la publication des rapports des groupes de travail), ainsi que l'utilisation de données « primaires », c'est-à-dire directement issues de l'industrie nucléaire, renforcent ces résultats.

Le rapport présente, sur certains points, une somme de données et de résultats inhabituelle dans ce type d'exercice. C'est en particulier le cas pour tout ce qui concerne l'évaluation du bilan matière et économique du cycle du combustible, qui intéresse au premier chef COGEMA. Comment considérez-vous l'apport de ce document au débat public sur le nucléaire, et plus particulièrement sur les activités auxquelles participe COGEMA, compte tenu du fait qu'il ne fournit pas de recommandations en vue de la prise de décision ?

Bertrand Barré

Effectivement, ce qui est très intéressant dans le rapport, c'est son caractère de transparence. Les rapports sur l'économie prospective du nucléaire ne manquent pas. Par exemple les derniers rapports de l'Office parlementaire, de MM. Bataille et Galley, qui étaient d'ailleurs très bien faits. Mais la méthode utilisée ici retire les suspicions qui avaient pu peser sur les rapports précédents. La première chose qu'on tire de ce travail, c'est qu'on n'a rien à cacher. L'apport est donc très positif; je n'ai pas d'états d'âme sur ce point. Dans la première partie, le rapport colle d'extrêmement près à une description d'un parc donné, le parc français dans son déroulement historique. La plupart des autres études ont un caractère non pas théorique, mais s'attachent à étudier, plutôt qu'un parc réel, un réacteur dans sa durée ou encore un parc théorique. Sur ce point, le parti pris dans ce rapport est très original. Mais cela place aussi sa limite : il n'est pas extrapolable.

La deuxième critique que l'on peut lui adresser, c'est que même en se prolongeant assez loin dans l'avenir, il conserve un caractère strictement hexagonal. On voit que ce cadre-là, fixé au rapport par le cahier des charges, est déjà un peu artificiel aujourd'hui. Ce choix est donc discutable, et il affecte la validité en 2050 des résultats de l'étude.

Le troisième point, c'est que l'horizon 2050, au vu des constantes de temps du nucléaire, n'est pas très lointain. Par contre, en 2050, le monde aura déjà beaucoup changé, dans sa démographie, la répartition géographique de celle-ci, et corrélativement dans ses demandes. Or, le rapport montre très bien que c'est la

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

demande qui est structurante. Mais à l'intérieur de ces limites, encore une fois, le rapport est très bien fait.

G.C. *: A-t-on les moyens aujourd'hui d'étendre cette étude à l'Europe ?*

B.B. : On assiste en réalité à l'explosion du cadre dans lequel le programme nucléaire a été décidé et s'est déroulé. Le cadre hexagonal n'était déjà, et depuis longtemps, pas « étanche ». Aujourd'hui, il éclate avec l'ouverture du marché de l'électricité. Il ne faudrait même pas se limiter au cadre de l'Union européenne, mais au moins élargir à l'Est. Selon les hypothèses haute ou basse prises pour la demande d'électricité d'ici 2050, on voit que dans certains cas on n'a plus besoin de nouvelles unités de production en France avant 2020-2030. Mais cela a-t-il un sens ici de parler des besoins français ? Ce choix n'est pas du tout innocent, notamment vis-à-vis d'un projet comme l'EPR : si dès maintenant l'on avait les moyens de remplacer par des EPR quelques réacteurs RBMK en fonctionnement dans des pays d'Europe de l'Est, personne ne s'en plaindrait. L'EPR est en effet le meilleur produit que l'on ait actuellement sur catalogue, et il est de plus tout à fait utile d'avoir une tête de série implantée quelque part. Par ailleurs, ce rapport s'est interdit de tirer des conclusions. Mais il va, à partir du moment où il existe, servir aux réflexions. Aussi, il ne faut pas oublier que puisque le cadre français constitue l'hypothèse de départ, on retrouve cette limite hexagonale dans les conclusions qu'on peut tirer du rapport. En particulier, le fait que l'on n'ait pas de décision à prendre avant 2025, voire même 2035, pour la construction de nouvelles centrales – qui est connu depuis longtemps dans le milieu du nucléaire, mais pas forcément bien connu au delà – est un résultat qui concerne uniquement le parc pour les besoins français.

G.C. *: Cette idée de recul des besoins dans le temps est liée, dans le rapport, à des hypothèses très importantes sur la durée de vie des réacteurs. C'est peut-être la première fois dans un exercice de ce type que l'hypothèse centrale n'est pas une durée de vie de 30 ans, mais qu'elle est supérieure à 40 ans. Comment réagissezvous à cette innovation ?*

B.B. : Tout à fait au départ – j'ai vécu cette période –, on pensait que la durée de vie technique des réacteurs serait de 25 ans. On avait calculé que leur vie économique était de 20 ans, et on se disait que si on pouvait les faire fonctionner un peu au delà ça paierait le démantèlement. C'était au début des années soixante-dix. C'est souvent très drôle de faire de la rétroprospective, de la prospective à l'envers. Ainsi, si on regarde les prévisions de la Commission PEON[1], on voit qu'on est arrivé en 1985 à ce qui était prévu au départ comme part du nucléaire – du moins en pourcentage, pas en absolu. Mais par une série de compensations d'erreurs. Ainsi, la construction des centrales a été plus longue que prévu, mais leur mise en route plus rapide.

À partir des années quatre-vingt, on a donc pensé que la durée de vie des réacteurs était de 30 ans. On n'est pas dans le cas des États-Unis, où les autorisations sont délivrées pour une durée fixe (40 ans) à partir du début de la construction – le premier coup de pioche. En France, il n'existe pas de durée fixe. La seule contrainte fixe est celle du dossier de sûreté; elle semble assez difficile à dépasser. Pour le reste, la sûreté de la centrale est revue régulièrement lors des visites décennales. On tablait donc sur une durée de vie de 3 fois 10 ans, et ce n'est finalement qu'assez récemment que l'idée d'une durée de vie de 40 ans a émergé à EDF. La nouvelle approche, c'est que la durée de vie peut augmenter, mais avec des dépenses de jouvence appropriées après chaque visite décennale, et il me semble que le rapport offre pour la première fois une présentation qui se rapproche de ce qui va se passer réellement. On constate d'ailleurs déjà aux États-Unis que des autorisations sont délivrées pour prolonger la durée de vie de certains réacteurs à 60 ans – toujours à partir du début de leur construction. Enfin, une

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

durée de vie de 45 ans est quelque chose dont on ne parlait pas au départ, et qui est nouveau.

G.C. *: Dans les scénarios retenus, le retraitement-recyclage apparaît souvent comme l'option principale. Ainsi, concernant le parc actuel, aucun scénario de non renouvellement du contrat en cours entre EDF et COGEMA n'est retenu, une inversion de stratégie étant reportée au plus tôt à 2010. Et pour le parc futur, la grande majorité des scénarios implique la poursuite du retraitement. Or, le rapport analyse par ailleurs la situation internationale de l'industrie du retraitement et du MOX, montrant celle-ci en difficulté : son activité recule et elle doit faire face à un renforcement des contraintes, notamment avec le traité OSPAR. Dans ce contexte international, les scénarios du Plan vous paraissent-ils « réalistes » ? En particulier, la France peut-elle effectivement poursuivre une politique de « cavalier seul » dans ce domaine ?*

B.B. : Pour ce qui concerne le parc actuel, le rapport a choisi trois familles de scénarios réalistes – arrêt du retraitement, maintien de l'équilibre actuel ou renforcement de la stratégie de retraitement avec utilisation du MOX dans l'ensemble des réacteurs techniquement aptes à en recevoir. Un scénario d'arrêt du retraitement avant 2010 aurait été totalement inéaliste. Ne serait-ce que parce que des combustibles sont déjà sur place à La Hague, où ils attendent d'être retraités, et que La Hague est une usine de retraitement, pas une installation d'entreposage. Par ailleurs, je critique le scénario virtuel proposé – « mais si on n'avait rien retraité depuis le début... » –, dont je ne vois pas à quoi il sert. En effet, reconstituer le passé, en changeant une hypothèse plutôt qu'une autre, me semble assez stérile.

Maintenant, pour le futur, ferons-nous cavalier seul ? Probablement pas, mais ceci ne signifie pas nécessairement que la France arrêtera le retraitement : peut-être qu'au contraire d'autres pays nous auront rejoint. Le futur n'est jamais certain. On le voit bien dans les fluctuations du prix du pétrole, pour lesquels on peut se dire que pendant la période 1985–1998, l'espèce de fausse confiance qui s'est développée n'était pas très raisonnable. A cet égard, le rapport précise que le nucléaire a des coûts prévisibles, ceux-ci étant en particulier peu sensibles aux fluctuations du prix de l'uranium. Au vu des possibilités multiples pour les scénarios, un choix doit être fait, et celui qui a été fait me convient.

G.C. : *Les scénarios pour le parc futur qui supposent la poursuite du retraitement impliquent tous un renforcement de cette stratégie, et notamment le retraitement massif de combustible MOX, qui n'est pas pratiqué aujourd'hui. Ce type de stratégie vous paraît-il réaliste sur le plan industriel ?*

B.B. : COGEMA a déjà retraité du combustible MOX. Il y a eu deux campagnes à La Hague – donc dans l'usine actuelle, avec les procédés actuels –, qui n'ont pas porté sur des quantités négligeables puisque c'est je crois 10 ou 11 tonnes qui ont été retraitées. Aussi, si EDF nous demandait un retraitement massif du MOX – ce qui n'est pas du tout le cas aujourd'hui –, il faudrait optimiser certaines parties du procédé mais sa faisabilité est d'ores-et-déjà démontrée. Toutefois, on est aujourd'hui loin d'une telle stratégie : EDF ne nous demande pas de retraiter du MOX, et pas même tout le combustible UOX. Or, il semblerait logique qu'avant de faire retraiter du MOX, EDF fasse d'abord retraiter tout son UOX. Par ailleurs, en 2050 les réacteurs du parc ne seront pas Fessenheim. L'évolution des réacteurs s'accompagne d'une optimisation de leurs performances, et le retraitement-recyclage se conçoit mieux dans des réacteurs du futur – par exemple les RHR-1 et RHR-2 que retient le rapport – que dans les réacteurs d'aujourd'hui.

G.C. : *Les résultats de l'étude dans sa première partie, consacrée au parc nucléaire actuel, bousculent l'image du retraitement-recyclage comme solution définitive au problème de l'aval du cycle. Ils montrent un effet positif mais limité de cette stratégie sur le bilan matières, aussi hien pour l'économie de matières premières que pour la réduction*

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

des quantités de déchets à vie longue. Ils indiquent en outre que cet effet n'est obtenu qu'au prix d'une augmentation du coût du nucléaire. Cette évaluation contraste avec les conclusions généralement développées par l'industrie. Pourtant, l'étude semble avoir bénéficié d'un accès aux données techniques ou économiques détenues par les entreprises plus complet que des précédents exercices (tels que les rapports de l'Office parlementaire). Comment expliquezvous cette apparente contradiction ?

B.B. : Je ne pense pas que les données disponibles pour ce rapport soient très différentes de celles qui avaient été utilisées précédemment. Encore une fois, c'est le fait de traiter l'histoire du parc dans son ensemble qui est nouveau : traîner le passé avec soi – la situation réelle – change l'exercice donc les résultats. Je voudrais souligner que le poids de l'aval du cycle dans celui de l'ensemble de la filière n'est pas gigantesque, d'où le faible différentiel, de 1 % entre les coûts pour les deux choix faits pour le combustible dans l'aval du cycle : ce n'est donc pas très important, d'autant moins que l'on ne connaît pas encore avec certitude les coûts du stockage direct.

En revanche, le retraitement est une solution plus responsable que le stockage définitif – ce qui n'existe encore nulle part – ou un entreposage indéfini en l'état. En effet, le retraitement comprend un conditionnement très poussé des déchets, ce qui n'est pas pris en compte dans la conception du combustible, optimisé pour être brûlé en réacteur et non pas pour être stocké comme déchet. À ce qui est marqué dans le rapport sur le retraitement – pour 1 % de dépenses supplémentaires, j'économise 5 % d'uranium et 12 % de plutonium et de transuraniens –, il faut ajouter que ceci constitue un traitement responsable des déchets, et conduit à leur donner la forme la plus facile pour un entreposage en sûreté. De plus, toute la recherche qu'on lance sur les possibilités de transmutation suppose un retraitement au départ. Si on arrête celui-ci, elle n'a plus de sens.

Pour conclure, l'idée que les coûts de fabrication du combustible MOX n'équilibrent pas complètement les économies d'uranium et d'UTS (c'est-à-dire d'enrichissement de l'uranium) est une conclusion que je suis prêt à accepter. Mais ce n'est pas la seule lecture que je vois de cette question. En allant un peu plus loin, lorsque l'on se place dans un système asymptotique auto-entretenu, les économies réalisées sont plus fortes. En l'occurrence, cette tendance n'apparaîtrait qu'après 2050 dans les prolongements des scénarios.

G.C. : *Les résultats de la seconde partie de l'étude, qui dessine des scénarios de renouvellement du parc nucléaire, mettent effectivement en évidence des écarts plus importants entre les bilans matière des différents scénarios sur la période allant jusqu'en 2050 et au delà. Ces scénarios, basés sur l'introduction d'évolutions ou d'innovations dans les combustibles ou les réacteurs, vous semblent-ils réalisables sur un plan industriel ? En particulier, l'introduction de l'APA est-elle possible dans les délais envisagés ? Le recours à un autre réacteur que l'EPR, soit en remplacement soit en complément de celui-ci, vous semble-t-il utile ?*

B.B. : L'APA est un peu un exemple du fait qu'à l'intérieur des réacteurs à eau, il est possible de recycler le plutonium mieux qu'on ne le fait aujourd'hui. Mais cela est aussi possible en utilisant des solutions technologiques plus proches de la situation actuelle. En effet, utiliser des matériaux totalement nouveaux induit des délais de mise en œuvre très longs, du fait des autorisations de sûreté requises. On peut imaginer des solutions plus évolutives que celle d'un changement de combustible, telles qu'un mélange de crayons de nature différentes : on passerait ainsi de la situation actuelle, « brutale » – les assemblages à l'uranium d'un côté, les assemblages au plutonium de l'autre – à un mélange plus homogène sur le parc.

G.C. : *Vous pensez aux solutions qui ont déjà été étudiées, de type MIX ?*

B.B. : Oui, on pourrait dès maintenant mettre en œuvre un des MIX. Ceci a l'avantage de montrer que le rendement

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

actuel du MOX n'est pas dû à la présence de plutonium mais à sa distribution dans le cœur : le « 30 % MOX » suppose des contraintes supplémentaires par rapport à l'UOX, par exemple le zonage pour les différents assemblages[2]. On aurait pu également développer d'autres solutions, et faire des réacteurs tout uranium et des réacteurs tout plutonium. En résumé, je pense, en tant qu'ancien neutronicien, que l'APA est une idée intéressante, mais qui n'est pas triviale à mettre en oeuvre : c'est un assemblage dont la géométrie est suffisamment altérée pour qu'il ne passe pas les étapes avant l'introduction en réacteur en un seul jour. Toutefois, je ne dis pas qu'il faille faire du MIX tout de suite, car c'est à EDF de dicter ses choix[3].

Pour ce qui concerne les réacteurs, le meilleur dont on dispose aujourd'hui sur catalogue est l'EPR, mais les recherches continuent. L'EPR, dans sa conception, était très optimisé pour le marché franco-allemand, c'est-à-dire un grand parc nucléaire très centralisé. Il n'est pas nécessairement optimisé pour d'autres marchés, par exemple le marché asiatique. Le RHR, au fond, peut avoir deux motivations : d'une part mieux gérer les déchets à vie longue, d'autre part être un réacteur moins spécialisé pour le marché franco-allemand. C'est bien de présenter des nouveaux réacteurs dans des scénarios futuristes et pas avec une échéance d'introduction dans le parc en 2015 : leur réalisation me paraît possible pour 2050. On constate en effet que, d'une part, les constantes de temps sont vraiment très importantes dans l'industrie nucléaire, d'autre part, l'éventail de ses possibilités est tout à fait remarquable. Ce que l'on savait d'ailleurs depuis le début. Les critères économiques et industriels des années soixante-dix ont déterminé les réacteurs d'aujourd'hui. Ces critères ne sont plus les mêmes, et on peut donc envisager la construction de réacteurs dont les cahiers des charges figurent dans le rapport. On pourrait dire, en caricaturant : « à cinq ans, rien n'est possible, à trente ans, tout est possible ».

G. C : *Les scénarios du rapport s'appuient sur des hypothèses qui peuvent sembler « optimistes » sur le nucléaire, notamment pour le cycle du combustible : par exemple, l'augmentation des taux de combustion de l'UOX comme du MOX, la diminution des déchets B et C du retraitement par tonne de combustible retraitée sont des phénomènes admis et « lissés »; les usines de retraitement ou de MOX (ou autre) sont toujours économiquement bien dimensionnées et fonctionnent sans aléas (pas de rebut, etc.). Pensez-vous que ce soit le cas, ou qu'au contraire le rapport se montre trop « conservateur » sur ces questions, par exemple lorsqu'il affirme que le MOX n'est retraitable qu'une ou deux fois techniquement, mais aucune économiquement ?*

B.B. : Vous avez raison de dire que dans les scénarios toute une série de choses est supposée se passer bien. On n'a en effet pas tracé de « scénario catastrophe enveloppe ». Mais si on regarde les hypothèses point par point, ce n'est pas choquant car cela correspond assez bien à ce qui s'est passé jusqu'aujourd'hui. Il faut de plus reconnaître qu'il y a de la R & D consacrée à l'obtention des performances qui sont décrites ici. Avec les nouveaux gainages, par exemple, les taux de combustion proposés dans le rapport sont réalistes, mais restent dans le milieu de la fourchette. Quant au différentiel entre le MOX et l'UOX, l'autorité de sûreté est plutôt prodente sur ce point, mais les taux de combustion du MOX suivent et rattrapent ceux de l'UOX. D'ailleurs, COGEMA fournit déjà à des clients étrangers (en Suisse et en Allemagne) du combustible MOX qui ira bien au delà de 49 GWj/t[4]. Autre exemple, les hypothèses sur la réduction du volume des déchets B et C issus du retraitement supposent aussi que tout se passe bien mais, et c'est assez public, si on regarde ce que réalise COGEMA par rapport aux progrès que l'on annonçait en 1990, on voit qu'en 2000 on va même au delà.

L'hypothèse peut-être la plus structurante est celle sur le coefficient de production des réacteurs, le Kp. En France, on est dans un cas assez unique où le parc n'est pas utilisé seulement en base. C'est pour cela qu'on raisonne en France sur le

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

coefficient de disponibilité, au lieu du coefficient de production utilisé ailleurs[5]. Dans le cas d'un retour à l'utilisation du nucléaire en base, qui est celui des scénarios, la production se rapproche de la disponibilité : dans ces conditions, le chiffre de 85 % en 2030 pour le Kp me paraît être une hypothèse conservatrice. La disponibilité des centrales est déjà de 83 % aujourd'hui, et on a fait beaucoup de progrès. Ce que l'on appelle le « suréquipement nucléaire » – une phrase un peu toute faite – relève de deux composantes. D'une part, on s'est trompé sur la durabilité de l'impact de la crise pétrolière : celui-ci s'est traduit par un ralentissement durable de la croissance, en même temps que la maîtrise de la demande d'énergie progressait. D'autre part, on ne pensait pas que les réacteurs marcheraient si bien, lorsque l'on est passé, pour la disponibilité, de 68 % à 83 %, et il n'y a pas à avoir honte de cette évolution.

G. C. : *Il y aura sans doute un vrai débat sur cette question de la progression du coefficient de production, y compris au sein de l'industrie. Ainsi, des voix se sont déjà faites entendre à EDF pour estimer, au contraire, que l'hypothèse du rapport est trop optimiste et que le parc ne pourra atteindre ce résultat.*

B.B. : Pour moi, l'hypothèse d'un Kp de 85 % en 2030, c'est conservateur. Considérons quand même que 2030 est loin, et si l'on ne fait pas au moins ce progrès-là d'ici 2030, c'est à désespérer des ingénieurs ! Je plaiderais plutôt pour une variante où ces 85 % de coefficient de production sont atteints en 2020 : ça me paraît optimiste mais réalisable. Après tout, les centrales finlandaises marchent 8.000 heures par an.

G.C. : *L'une des innovations principales du rapport est l'introduction de l'idée de précaution parallèle entre deux problèmes d'environnement global : les émissions de carbone et les déchets hautement radioactifs à vie longue. Il aboutit à la valorisation de l'externalité « tonne de plutonium à stocker », avec un coût de la tonne évitée basé sur la comparaison des bilans matière et économique de scénarios avec ou sans retraitement et réutilisation du plutonium. Que pensez-vous de cette approche ?*

B.B. : Cette approche me semble intéressante. J'avais lu l'article à ce sujet dans *Les cahiers de Global Chance*[6]. Mais je ne vous étonnerai pas en disant que je conteste un peu le chiffrage qui est fait. La notion d'externalité est déjà prise en compte en ce qui concerne les déchets radioactifs à vie longue, et il faut seulement se demander si elle l'est suffisamment. En revanche, elle ne l'est pas du tout pour les gaz à effet de serre. Je pense donc que le parallèle effectué n'est pas exact.

On est ici dans une logique de précaution, et non pas de prévention. Je n'ai rien contre le fait de mettre en place des mécanismes économiques qui nous incitent à limiter des nuisances potentielles. Ainsi, le principe de précaution peut s'appliquer à la réduction des transuraniens. En revanche, je trouve discutable de mettre le plutonium dans ces nuisances potentielles, car cela dépend des hypothèses que l'on fait sur le recyclage. Or le rapport prend l'hypothèse maximaliste de pénaliser l'ensemble plutonium plus transuraniens.

Mais il existe une différence plus fondamentale entre cet ensemble et les gaz à effet de serre : on ne traite pas le carbone et les déchets hautement radioactifs à vie longue de la même façon. Aujourd'hui, si on n'évite pas l'émission d'une tonne de CO_2, elle est relâchée dans l'atmosphère. Ce n'est pas le cas pour le plutonium et les transuraniens : ils ne sont pas relâchés dans l'environnement mais confinés, conditionnés et contrôlés dans des installations spécifiques. Ceci casse la symétrie entre les deux problèmes. On peut agir dans les deux cas pour éviter la production, mais les conséquences sont profondément différentes, et on ne peut pas ne pas en tenir compte en fixant une valeur de nuisance potentielle. La pénalisation de l'externalité que l'on évalue devrait être l'équivalent d'un coût de séquestration, qui n'existe pas aujourd'hui pour le CO_2. Mais elle existe déjà dans le cas des déchets, et est déjà internalisée. Je ne suis donc pas du tout d'accord sur

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

le chiffrage, tout en notant que même ce chiffrage joue en faveur du nucléaire.

G.C. : *Pensez-vous que le critère retenu par l'étude (les quantités de plutonium) soit le plus pertinent pour comparer les stratégies d'aval du cycle en termes d'impact global ?*

B.B. : Peut-on en prendre d'autres ? On peut penser au dégagement thermique, mais ce n'est pas un bon critère : il est déjà inclus dans les coûts, puisque l'ANDRA facturera le stockage en fonction de l'espace utilisé en sous-sol. Il n'y a pas d'externalité, puisque le mécanisme de marché fonctionne. Sur ce plan, il n'y a aucune défaillance des prix.

Notes

Entretien avec Bernard Tinturier

1 Présentation du rapport par Jean-Michel Charpin, Séance organisée par l'AEE, l'IFE et la SFEN, Paris, 25 octobre 2000.

2 *Les coûts de référence de la production électrique*, Direction du gaz, de l'électricité et du charbon (DIGEC), Ministère de l'Économie, des Finances et de l'Industrie, mai 1997.

3 Voir "La précaution appliquée aux déchets nucléaires à vie longue", dans *Penser l'avenir pour agir aujourd'hui*, Rapport du Club "Énergie, prospective et débats", Commissariat Général du Plan, juillet 2000.

4 *ExternE : Externalities of energy*, Commission européenne, DG XII, 1ère édition 1995.

5 Maîtrise de la demande d'électricité.

Entretien avec Bertrand Barré

1 La Commission consultative pour la production d'électricité d'origine nucléaire (PEON) a fonctionné de la fin des années cinquante à la fin des années soixante-dix. Elle a publié 11 rapports, dont les résultats sont résumés et analysés dans le rapport *Le parc nucléaire actuel*, annexé au rapport de la Mission.

2 L'utilisation du combustible MOX, sous sa forme actuelle, dans les réacteurs à eau du parc ne permet pas un chargement à 100 % en MOX de ces réacteurs : ainsi, chaque réacteur "moxé" est chargé avec environ 1/3 de combustible au plutonium (MOX) et 2/3 de combustible tout uranium (UOX).

3 EDF a présenté en janvier 1999 à la Commission nationale d'évaluation (CNE) relative aux recherches sur la gestion des déchets radioactifs la projection de sa stratégie pour la période 2000–2070 : celle-ci " exclut explicitement toute option de multirecyclage du plutonium comme le MIX ".

4 Les limites de taux de combustion fixées par l'autorité de sûreté, la DSIN, aujourd'hui en France sont de 52 GWj/t pour l'UOX et de 38 GWj/t pour le MOX.

5 Le coefficient de production Kp dépend de la disponibilité Kd des réacteurs (le pourcentage du temps où ils sont utilisables) et de leur utilisation Ku (le pourcentage de leur puissance qu'on utilise pendant qu'ils sont disponibles). On a Kp = Kd x Ku, et Ku augmente lorsque les réacteurs fonctionnent en base.

6 B. Dessus & Y. Marignac, "Effet de serre et nucléaire, l'équilibre des précautions", Les cahiers de Global Chance N° 12, novembre 1999.

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

Entretien avec

Yves Le Bars

Yves Le Bars est Président de l'ANDRA (Agence nationale pour la gestion des déchets radioactifs)

Global Chance

Le rapport Charpin-Dessus-Pellat présente une évaluation très détaillée de l'économie prospective de la filière électronucléaire en France. Cette évaluation s'appuie sur une méthode originale consistant à partir d'une estimation au plus près du réel des flux physiques pour arriver au calcul d'un coût global, qui est au final actualisé selon les méthodes classiques. Bien qu'ils avancent des résultats tout à fait précis, les trois auteurs se refusent dans le rapport à apporter des recommandations aux décideurs. Quel est selon vous l'apport de ce document au débat public sur le nucléaire, et comment peut-il être utilisé par les personnes qui se trouvent, comme vous, en position de décision sur ce dossier ?

Yves Le Bars

Tout d'abord, je tiens à préciser que je suis nouveau dans ce secteur d'application. Je ne me situe donc pas en phase de certitudes, et mes réponses d'aujourd'hui peuvent être différentes des certitudes auxquelles j'aboutirai demain. Mais mon propos est celui d'une personne en recherche pour comprendre les contradictions, qui sont nombreuses dans ce domaine. Je crois que c'est ainsi, en comprenant ses contradictions et en trouvant un moyen d'en sortir, si possible par le haut, que la société avance.

- Sur l'apport du document au débat. j'y retrouve d'abord, avec beaucoup de plaisir, la distinction entre les déchets produits par le parc actuel, c'est-à-dire les déchets engagés, d'une prévision de déchets issus d'un futur parc. J'avais beaucoup insisté là-dessus dans le rapport que j'avais fait sur la méthodologie de l'inventaire des déchets[1]. Ça me semble essentiel de bien distinguer les déchets issus des choix du passé des déchets qui seraient produits par des choix futurs. Je suis donc très heureux que le rapport ait adopté cette ligne, qui est évidente, mais qui n'était pas celle pratiquée jusqu'à présent.
- Deuxièmement, je crois que le rapport contribue à une meilleure formulation des questions qui se posent en France et en Europe. Même si le rapport traite peu la question européenne, justement par contre-coup il souligne que l'on a une vue trop franco-française dans ce dossier. Et, de ce fait, on passe beaucoup de temps à défendre les choix passés comme si on pouvait agir sur le passé. Non, le temps ne s'écoule que dans un seul sens, et je trouve très intéressant le fait que le rapport prenne la situation à un instant donné : on constate un certain nombre d'éléments et on cherche, quelles sont les marges de manœuvres et comment elles s'élargissent avec le temps – ou pas. Je trouve cela très positif.

D'ailleurs, quels sont réellement les choix sur lesquels il faut influer en France ? Je crois que le rapport dit assez clairement qu'on a le temps en France, pour les besoins en énergie électrique "de base", nucléaire ou non. Ils sont assurés pour plusieurs décennies, 20 ou 30 ans selon les hypothèses de croissance de consommation. Le problème du moment pour la France est

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

celui de l'aval du cycle, dont celui de la gestion des déchets radioactifs, et avec diverses évolutions possibles sur le retraitement. Avec une question associée : comment faut-il gérer les matières radioactives valorisables ? Ce que je déduis de ce travail, et je ne l'avais pas vu suffisamment dans le passé : la France a une interrogation sur le point d'application de son potentiel industriel d'équipement, qui peut être l'Europe ou le monde dans les 20 ou 30 prochaines années. Je trouve que le rapport permet ainsi d'apporter des éléments pour orienter la recherche et le développement, et permet de préparer des choix futurs.

• Troisième conséquence, cette fois-ci pour l'ANDRA : ce rapport, dans son effort de comparaison économique des filières, doit nous pousser à intégrer les paramètres qui permettent l'optimisation des filières de gestion des déchets radioactifs. Cette réflexion sur l'optimisation n'est pas directement citée dans la loi Bataille[2], la loi de 1991 sur les déchets de haute activité à vie longue, mais je pense que là il y a vraiment un chantier tout à fait important. Il y a un travail à faire sur l'écriture de différentes filières de gestion des déchets. Il y en a un certain nombre qui sont là, mais le rapport ne s'est pas focalisé làdessus, il était plutôt centré sur l'énergie que sur les déchets. Donc il y a différents itinéraires de gestion des déchets qu'il faut pouvoir dessiner, réalistes, crédibles, scientifiquement, techniquement, économiquement, etc. Et il faut pouvoir les tester sous l'angle économique, sous l'angle écologique, sous l'angle de leur réversibilité, comme sous l'angle de leur impact sur les territoires – le développement durable. Donc pour l'ANDRA, le rapport constitue une incitation formidable à développer des outils d'évaluation des itinéraires de gestion des déchets.

G.C. : *Ce rapport est sorti il y a trois mois, donc il y a déjà eu un certain nombre de réactions qu'on a pu enregistrer. Selon vous, les autres acteurs que l'ANDRA ont-ils saisi l'intérêt qu'ils pouvaient trouver dans ce rapport pour alimenter leur propre réflexion ?*

Y.L.B. : Il y a plusieurs autres rapports qui sont sortis cette année, je pense en particulier au rapport de la mission granite[3], ou au rapport, déjà cité, que j'avais fait sur la méthodologie de l'inventaire des déchets, qui est une petite question – mais qui est quand même un peu fondatrice. Autre exemple, le rapport de Michèle Rivasi[4], qui faisait un certain nombre de remarques tout à fait intéressantes. Ce ne sont pas des sujets populaires, dont les gens ne se saisissent pas volontiers. Et il y a donc une sorte d'évitement du sujet dont, je pense, tous les rapports qui sortent souffrent. Il faut s'interroger sur cette sorte d'évitement. Je souhaiterais que le rapport de la mission granite, qui dit des choses intéressantes, en particulier sur le manque de confiance des Français dans le dispositif institutionnel, sur notre difficulté à dire quels problèmes on veut vraiment résoudre, sur un certain nombre de contradictions ou d'obscurités, ne retombe pas dans l'oubli. Je dis parfois que s'il y a quelque chose dans le domaine des déchets radioactifs qui est enfoui, c'est le problème.

Donc, comment faire en sorte que cela ne retombe pas dans l'oubli pour qu'il y ait débat ? Et que ce ne soit pas non plus quelque chose de parisien ? Comment faire en sorte qu'en Bretagne, en Poitou-Charentes, en Limousin, en Alsace, partout en France, les gens réfléchissent à la question à partir de cet outil ? C'est une question technico-politique, ou politico-technique, de grande ampleur. Je dirais que nous, ANDRA, on est plus soucieux que d'autres d'un débat porté sur l'aval du cycle, parce qu'on a été un peu institués en “bouc émissaire” – l'aval de l'aval du cycle – ce qui est pratique puisque ça permet de dire « si ça ne va pas, c'est parce que l'ANDRA ceci, l'ANDRA cela... », on l'a vu plusieurs fois. On ne peut pas dire uniquement « il faut un débat », je crois qu'il y a des éléments, vraiment, pour un débat, mais comment et pour-quoi le débat est-il évité comme cela. Quelques signes positifs : j'ai vu, à Clermont-Ferrand, avec le journal La Montagne, un vrai débat; le Conseil régional Poitou-Charentes qui fait une étude.

G.C. : *Le rapport construit son évaluation sur des scénarios*

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

prospectifs basés sur deux principes : dans un premier temps, un principe de réalité économique qui conduit à prolonger la durée de vie du parc actuel; dans un second temps un principe de nécessité environnementale qui consiste à profiter de ce délai supplémentaire pour, en cas de maintien du choix nucléaire, mettre en œuvre des filières nucléaires plus efficaces dans leur partie aval. Le rapport propose des solutions combustibles (comme l'APA) ou réacteurs (les RHR) en complément ou remplacement des solutions classiques (réacteur EPR à l'UOX ou au MOX). Cela implique que dans le même temps l'industrie soit ralentie (pas de nouvelles constructions) et capable de mener à bien une R & D très innovante. Pensez-vous que le report de l'échéance des choix sur l'avenir de la filière nucléaire au delà de 2020 soit effectivement une chance ou un risque pour le nucléaire ?

Y.L.B. : Je n'ai pas là-dessus de réaction particulière. Sur le fait qu'on ait du temps, est-ce une chance ou un risque ? Pour moi, cette échéance s'impose, et la part de décision est relativement faible. Je ne veux pas dire qu'il y a un déterminisme à la vie du parc sur 35, 40, 45 ans, je ne sais pas. Mais on le voit, différents pays qui ont travaillé la question, dans des contextes énergétiques, politiques et sociaux différents, ont abouti à ces ordres de grandeur. Donc, je dirais que c'est plus la conséquence de l'investissement concentré, et relativement récent, qui en France crée des conditions particulières. Mais c'est un constat. Peut-être que certains avaient espéré pouvoir lancer un EPR comme une sorte d'action commerciale, pour montrer que c'était possible – mais ceci est complètement en dehors de mon champ de compétence.

C'est un peu la conséquence de ce que je disais tout à l'heure : l'ANDRA est affectée à résoudre les conséquences des choix du passé. On veut bien éclairer les choix du futur, mais comme on n'a pas encore fait le tour de la prise en compte des choix du passé, on est modeste. Sauf, bien sûr, quand les perspectives du futur font que des matières qui ne l'auraient pas été deviendraient valorisables ou qui l'auraient été et ne le deviendraient plus – je pense ici à l'avenir du plutonium.

G.C. : *Le rapport se livre à une comparaison économique des stratégies de stockage direct et de retraitement qui conduit à un résultat surprenant : pour le parc actuel, le retraitement-recyclage n'économise que 5 % environ d'uranium en amont et 15 % de plutonium en aval (dans les déchets), et correspond à un surcoût modeste mais significatif de 4 % du cycle du combustible (amont, aval et stockage). Ce résultat, contesté notamment par COGEMA, s'explique en partie par la simple prise en compte du combustible MOX irradié comme déchet final, dans la mesure où l'exploitant EDF ne souhaite pas procéder à son retraitement. Comment expliquez-vous que le débat soit si difficile sur cette question ? Comment l'ANDRA envisage-t-elle aujourd'hui la question du statut des différents produits de l'aval du cycle, en particulier des combustibles UOX et MOX irradiés qui ne sont pas retraités ?*

Y.L.B. : L'ANDRA est à l'aval de l'aval du cycle, et donc on regarde cet aval du cycle à partir des déchets produits, effectivement. Mais on regarde aussi les évolutions de l'utilisation du combustible dans les réacteurs. Je crois que de plus en plus, on est obligé de repérer que les déchets à haute activité et à vie longue recouvrent des réalités très différentes. Et que, si on veut être sérieux, les formes d'élimination ne sont pas forcément toutes les mêmes. Alors, que ça se passe en plusieurs lieux ou en un lieu, ça c'est autre chose. Mais je dirais que les concepts de prise en charge sur le très long terme des déchets HAVL peuvent varier.

- Il y a d'abord les déchets technologiques, les déchets B, les coques et embouts, qui sont les volumes les plus importants, à peu près dans toutes les hypothèses... Plus il y a de combustible usé à stocker, moins il y a de coques et embouts et de déchets technologiques, mais les tendances font qu'on sait qu'on en a entre 45.000 et 60.000 m^3, selon les hypothèses. On avait fait un calcul beaucoup moins sophistiqué que celui du Rapport Charpin-Dessus-Pellat, mais qui aboutissait à des résultats voisins : 60.000 m^3 sur la vie du

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

parc existant en déchets B si on retraite tous les combustibles MOX; par contre on descend à 56.000 m^3 si on arrête le retraitement à la fin du parc existant – c'est-à-dire qu'on garde les 12.000 tonnes de combustible usé entreposé à La Hague ou dans les piscines en sortie des réacteurs. Donc on voit qu'il n'y a pas une sensibilité considérable. Si on arrêtait tout de suite, en 2010, le retraitement, on tomberait en dessous de 50.000 m^3. Dans les hypothèses qui sont là, qui méritent d'être précisées, parce qu'il faut se méfier des évaluations (une évaluation ne vaut que par toutes les hypothèses qui la sous-tendent).

- Ensuite, on a les déchets de colis de verre, relativement anciens, ou à faible taux de combustion – les premiers – qui ne sont pas très chauds, et puis derrière il y a les verres plus chauds. Donc parmi les déchets C, il y en a bien deux groupes.

- Enfin il y a les combustibles. D'abord ceux à l'uranium, les UOX, avec ceux qui ont eu un taux de combustion à 33 GWj/t, et puis les autres qui ont un pouvoir calorifique plus élevé. Et les combustibles MOX, avec des pouvoirs calorifiques encore supérieurs. Et pour moi, c'est quand même la puissance thermique qui est la contrainte forte pour les structures d'accueil de ces déchets – combustibles ou matières associées. Et je pense que nous avons davantage de choses à dire sur les charges qui seront la conséquence des taux de combustion plus élevés.

G.C. : *C'est quand même nouveau de vous entendre inclure au bilan des déchets HAVL que l'ANDRA peut avoir à traiter de l'UOX en l'état et du MOX en l'état.*

Y.L.B. : Je crois que cela tient un peu à l'histoire de l'ANDRA. Pour les producteurs de déchets, dans leurs négociations entre eux – les négociations entre EDF et COGEMA –, je comprends bien qu'un affichage à l'ANDRA peut avoir un rôle. Mais je pense que tout le monde a compris qu'on avait intérêt à bien regarder tous les champs des possibles. On n'est pas en train d'inscrire les choses dans le marbre, on est dans une logique de recherche sur ces déchets de haute activité à vie longue, et tout le monde comprend qu'il ne peut y avoir de décision que s'il y a des alternatives. Donc qu'il ne faut surtout pas s'enfermer dans des certitudes qu'on serait les seuls à partager. Mais ce sont des choses que j'ai écrites dans les annexes de mon rapport, et les gens de COGEMA, du CEA ou d'EDF sont d'accord avec cela.

Je crois que c'est inéluctable de travailler là-dessus. Je ne sais pas ce qui est inéluctable in fine dans la mise en œuvre concrète.

G.C. : *Les scénarios étudiés dans le rapport pour le parc actuel et surtout pour le parc futur sont majoritairement bâtis sur la poursuite du retraitement, et même pour le parc futur sur son intensification avec le retraitement du combustible MOX. Dans le même temps, ces scénarios ne prévoient rien d'autre pour l'élimination définitive des déchets à vie longue que leur stockage profond. Ces choix vous semblent-ils compatibles avec les impératifs industriels d'une part (notamment celui de compétitivité), avec les orientations fixées par la loi de 1991 sur les orientations de recherche sur la gestion des déchets à vie longue d'autre part ?*

Y.L.B. : En restant dans la typologie que je viens d'évoquer, il est évident que la recherche conduite dans le cadre de la loi Bataille fournit des éléments mais que les itinéraires, qu'on évoquait tout à l'heure, pour la gestion de chacun de ces types de déchets restent à bâtir. Il faut trouver une solution – il va falloir qu'on s'y mette –, ce qui n'est pas facile, parce ce que là, on entre davantage, et beaucoup plus concrètement, dans les stratégies de chacun des organismes en cause.

G.C. : *C'est par exemple, ce qui est bien montré dans le rapport, la question des temps d'entreposage différents de l'UOX et du MOX – si on se lance dans le MOX et qu'on choisit de ne pas le retraiter, on s'engage pour une durée beaucoup plus longue en entreposage avant d'arriver à la solution finale du stockage ?*

Y.L.B. : Voilà ! Et que d'autre part, comme je l'ai dit tout à l'heure, il faut pour optimiser les itinéraires selon : le temps d'entreposage; la température en stockage acceptable; une certaine cartographie du stoc-

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

kage éventuel, ou plutôt de son architecture, qui permette plus ou moins l'élimination de la chaleur. Parce qu'il y a une optimisation à la fois économique, environnementale et en réversibilité, entre un entreposage prolongé et un stockage définitif plus rapide. Sur 100 ou 200 ans cela commence à être compliqué de garantir l'entreposage : cela revient à dire « ceci, je le mets là, mais attention dans 200 ans, il faut le bouger ! Et pour le mettre là ! ». Cela suppose une confiance dans la société qui, si l'on retourne un moment 200 ans en arrière, est un peu risquée. Donc il faut pouvoir évaluer ces différents itinéraires en regardant les coûts supplémentaires d'un stockage qui puisse accueillir des déchets chauds par rapport au coût supplémentaire consistant à les garder plus longtemps en entreposage - ventilé artificiellement, surveillé, etc.

Il y a là tout un travail de construction des itinéraires vraisemblables et d'évaluation. Je n'emploie pas le mot “scénario” parce qu'il est utilisé par ailleurs, mais je pense que le mot “itinéraire” montre bien qu'il s'agit d'assurer une gestion dans le long terme. Et qu'il faut affronter le problème au niveau de la génération prochaine, de celle d'après, et ainsi de suite… Parler des générations futures de manière générale est souvent, je n'ose pas dire un “cache-misère”, mais un moyen de cacher une réflexion inaboutie. Donc ce sont des itinéraires qu'il faut tester, sur le plan de la sûreté bien sûr, mais aussi sur celui de l'impact sur l'environnement, de l'impact économique, de l'impact sur la radioactivité et de l'impact sur les territoires et le développement durable.

G.C. : *Ces “itinéraires” devront répondre aux impératifs industriels et aux orientations de la loi Bataille. Est-ce le cas dans les scénarios étudiés par le rapport Charpin-Dessus-Pellat ?*

Y.L.B. : Je ne sais pas vraiment répondre, parce que je ne vois pas quel type de conflit il peut y avoir.

G.C. : *Certains considèrent par exemple que la loi Bataille, qui fixe 2006 comme échéance des décisions sur la fin de cycle, impose un cadre industriel : ainsi, elle contiendrait implicitement le maintien du choix de l'option retraitement par EDF au moins jusqu'à cette date.*

Y.L.B. : Je n'ai pas de commentaires à faire là-dessus. Par contre ça m'amène à une réflexion sur la loi Bataille. Je crois que la loi Bataille, en particulier telle que l'ANDRA la met en œuvre, correspond à un état du dialogue de qualité entre les industriels, le Parlement, et plus largement la Nation. Et que la loi Bataille offre un grand potentiel d'ouverture et de solutions - elle aborde à peu près toutes les questions - en termes législatifs. Par contre, ce qu'on est obligé de voir, c'est la pauvreté réglementaire dans la mise en œuvre de la loi Bataille. Cette pauvreté réglementaire, d'une certaine manière, autorise beaucoup d'interprétations. Mais dans la loi Bataille, ce que vous venez d'évoquer n'est pas écrit. Peut-être que, à un moment donné, dans la mise en œuvre de la loi Bataille, les gens se sont dit : « voilà, c'est comme ça qu'on va faire ». Il y a tout un tas de décisions que les gens mettent sur le dos de la loi Bataille qui n'y sont pas. Le fait que l'ANDRA s'occupe de l'axe “stockage géologique”, le CEA de l'axe “corrosion de coquilles et entreposage” n'est pas dans la loi Bataille. C'est une décision qui a été prise trois ou quatre ans après le vote de cette loi.

Je dirais même, concernant l'ANDRA, que je crois que la loi Bataille a été mise en œuvre de manière très restrictive - du fait de l'histoire et de diverses choses. En particulier, et ça peut rejoindre la question de la confiance que les gens ont dans le système, il n'y a rien sur les mécanismes financiers : qui finance quoi ?, comment ?, on n'a rien en France. Le Japon vient de faire des progrès importants, la Suède, l'Espagne ou l'Allemagne ont des systèmes clairs… Quand on parle de la loi Bataille, j'ai surtout envie de dire que c'est une structure juridique, législative, de grand potentiel - par exemple, on trouve peu d'organismes dans le secteur public dont l'objectif est défini de manière législative aussi fine. Cela étant, quand on dit par exemple que l'ANDRA est chargée de faire l'inventaire, de répertorier l'état et la localisation des déchets radioactifs en France, il n'y a absolument rien

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

qui spécifie cette mission de l'ANDRA.

G.C. : *Est-ce que vous pensez en particulier aux problèmes qui ont notamment été pointés par Michèle Rivasi dans son rapport sur la répartition, finalement, de la responsabilité de la gestion des déchets radioactifs, au moins dans leur période d'entreposage ?*

Y.L.B. : Oui, tout à fait. Donc voilà ce que j'ai envie de dire sur la loi Bataille. C'est une loi astucieuse, l'ANDRA se sent aujourd'hui bridée par rapport au potentiel de la loi. Mais je voudrais revenir à votre question sur les scénarios inclus dans le rapport et au problème des alternatives au stockage profond pour la gestion des déchets.

G.C. : *Oui, car tous les scénarios de l'étude Charpin-Dessus-Pellat vont vers le stockage profond, même, et c'est paradoxal, ceux ou la direction est plus celle d'un retraitement poussé, avec séparation et incinération des actinides mineurs. Au final, il y a toujours un stockage profond, alors que vous disiez qu'il ne faut pas inscrire les choses dans le marbre et que le stockage profond n'est écrit nulle part dans la loi comme une solution inéluctable*.

Y.L.B. : Là-dessus, l'ANDRA, et son Président, sont prudents, dans la mesure où nous sommes apparus "scotchés" aux solutions de stockage géologique profond. Et je suis pour ma part très sensible aux complémentarités qui existent entre les trois axes de la loi[5]. Mais ces trois axes sont appropriés socialement comme étant des alternatives opposables. Or, quand quelqu'un dit, de façon caricaturale, notamment des personnes qui se déclarent antinucléaires, « attendons que la recherche fasse des progrès pour transmuter les déchets », on "entrepose, nous respectons les générations futures", je trouve que c'est un faux raisonnement. Ces vues font peu l'objet de critiques pourtant. Peut-être y a-t-il des intérêts derrière, qui tirent parti de cette confusion. Il faut bien qu'on regarde l'itinéraire que cela représente : puisqu'on se situe dans le temps, il n'y a pas de "solution", il y a des "itinéraires".

Un des problèmes que l'on voit – et que les scientifiques commencent à affirmer avec plus de vigueur – c'est que si la transmutation permet de réduire, au prix de nombreuses centrales nucléaires, et au prix de plusieurs siècles, la nocivité des déchets, il reste toujours des déchets ultimes de haute activité qui ne peuvent pas faire l'objet d'une transmutation. Donc la transmutation n'est pas une solution définitive à la gestion des déchets. Je dirais que c'est un rêve qui est formidable, une utopie excellente et qui permet de travailler sur le futur du nucléaire, donc elle rend service. Mais par ailleurs, on ne rend pas service aux citoyens en les laissant croire à ce rêve, en ne corrigeant pas cette appréciation qui est souvent une manière de se donner bonne conscience.

Je ne dirais pas forcément la même chose de la séparation : il peut y avoir des stratégies, des itinéraires de gestion des déchets avec séparation d'un certain nombre d'éléments pour leur donner un confinement adapté et pour qu'ils soient entreposés ou stockés dans des conditions qui garantissent qu'on n'aura pas, sauf accident repéré par la surveillance, à réintervenir. Donc qu'on ne va pas peser sur les générations futures. Le stockage présente des intérêts en même temps qu'il présente des inconvénients, et c'est le challenge de la réversibilité du stockage, qui est un objet de recherches, c'est clair : comment, dans les itinéraires de gestion des déchets, assurer la réversibilité, c'est-à-dire notre capacité à réintervenir ? Face à la nature et au long terme, il faut être modeste. Le scientifique doit garder cette humilité.

G.C. : *Est-ce qu'une application dans tout son potentiel de la loi Bataille, et notamment une extension de la responsabilité de l'ANDRA sur la gestion des déchets actuellement produits par le parc nucléaire, favoriserait le débat, dont on a vu qu'il fait encore l'objet dans la société d'un certain nombre de blocages ?*

Y.L.B. : Je pense que la principale lacune dans la mise en œuvre de la loi Bataille, ce sont les mécanismes financiers. La Cour des Comptes l'a dit, d'autres l'ont dit. C'est la clarté du système décisionnel

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

assorti aux mécanismes financiers : une autonomie de l'ANDRA, sans réduire la responsabilité des producteurs de déchets, peut être effectivement vertueuse.

G.C. : *L'industrie nucléaire produit des déchets très variés. Le rapport se focalise sur une évaluation des déchets hautement radioactifs à vie longue, et ne s'intéresse qu'à la marge aux autres catégories de déchets (déchets A et B, uranium appauvri, résidus miniers, etc.). Michèle Rivasi, dans un rapport parlementaire récent, estimait que la gestion de ces déchets, moins radioactifs mais produits en importantes quantités, pouvait être réglée en priorité. Comment réagissez-vous à ces choix, et comment envisagez-vous l'articulation des gestions de ces différentes catégories de déchets ?*

Y.L.B. : Je prêche, et on essaie de pratiquer à l'ANDRA, une démarche intégrée. Il y a des déchets de natures différentes, les radionucléides sont dangereux de manières différentes, mais je pense qu'au stade actuel si on réfléchit à ce que veut dire ce danger, les déchets sont dangereux quand ils sont mal conditionnés, dispersés, oubliés. Je l'ai dit plusieurs fois, et en particulier lors de l'audition organisée par Michèle Rivasi[6]. Et c'est notre priorité : il faut regrouper les déchets, il faut bien les conditionner et il faut en assurer la mémoire.

Pour l'instant, on voit bien qu'à court et moyen terme, ce ne sont pas les déchets de très haute activité de l'électronucléaire qui présentent le plus de danger. C'est actuellement davantage le nucléaire diffus qui crée des incidents – ce ne sont pas des accidents graves – autour de la diffusion de la radioactivité. Donc il faut travailler sur ce point et l'ANDRA se structure pour le prendre en compte de manière correcte. C'est long parce qu'il faut trouver des sites pour le stockage ou l'entreposage, puis il faut négocier avec les uns et les autres. Mais pour nous c'est une priorité opérationnelle dans la réalisation de centres de stockage ou d'entreposage. En particulier on voudrait avoir un entreposage (ou plusieurs) pour le nucléaire diffus : les terres contaminées des usines, les déchets radifères d'un certain nombre d'industries, les déchets ménagers qui font sonner les portiques parce que telle ou telle source radioactive y a été introduite, etc. Où est-ce qu'on le met ? Pour l'instant, c'est vrai, la France n'a pas de solution satisfaisante. Nous avons une volonté d'avancer et les producteurs de déchets ont maintenant compris qu'ils devaient participer à la solution de tous ces problèmes.

À l'inverse on peut dire que l'entreposage des déchets types colis de verre, déchets vitrifiés ou des combustibles usés est plutôt bon. On n'a jamais vu un accident ou même un incident significatif sur ces objets là, et l'ingénierie française est plutôt bonne dans ce domaine là, donc à court terme et à moyen terme on a une solution. En même temps on voit qu'il faut 20 ans pour mettre en place des solutions plus solides, qui permettent d'affronter le long terme : il ne faut pas prendre de retard. Alors, c'est un paradoxe, mais la question existe : faut-il qu'un pays soit sorti du nucléaire, ou au moins ait fait ce choix, pour s'intéresser à la gestion de ses déchets sur une base saine ? Je trouve que la Suède montre qu'il faut avancer, l'Allemagne aussi, mais la Finlande aussi. Et quel que soit l'avenir du nucléaire, les conséquences des choix du passé, on les a en charge.

G.C. : *Est-ce que dans les comparaisons de stratégies du cycle, retraitement contre stockage direct, sur la base des déchets hautement radioactifs à vie longue, on n'oublie pas des conséquences importantes que ça peut avoir sur les déchets B évidemment, mais aussi sur les déchets A, sur les déchets de démantèlement (si on pense au démantèlement d'une usine comme La Hague), ou sur une forme de déchets particulière qui ne relève pas des compétences de l'ANDRA, à savoir les rejets ?*

Y.L.B. : Parlons des rejets : effectivement, j'ai vu qu'EDF était prêt à faire un inventaire de ses rejets. Je trouve que c'est bien. C'est un bon signe, et je pense qu'il faudra généraliser cela. Je n'avais pas eu à traiter ce problème des rejets dans mon rapport, ce n'était pas dans la commande. Mais je crois que c'est effectivement un problème, et il faut avoir un inventaire des rejets.

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

Deuxièmement, quand je dis qu'il faut pouvoir évaluer les différentes solutions en termes d'impact environnemental, ça veut aussi dire ça. Il faut évaluer y compris les émissions liquides ou gazeuses des différentes filières. Michèle Rivasi l'avait souligné. C'est quelque chose que l'optimisation des itinéraires doit prendre en compte.

G.C. : *Le rapport innove en développant l'idée, explorée au Commissariat général du Plan, de précaution parallèle face à deux risques environnementaux qualifiés de globaux : d'une part l'accumulation de gaz à effet de serre, provenant notamment de la consommation des énergies fossiles, d'autre part l'accumulation de déchets hautement radioactifs à vie longue liés à la consommation de l'énergie fissile. Cette approche, qui peut conduire à l'idée d'un "Kyoto des déchets", vous semble-t-elle pertinente ?*

Y.L.B. : Sur le principe, quand on parle de "Kyoto des déchets", c'est en comparaison avec le réchauffement global de la planète, et l'interrogation sur le type d'action internationale qu'il faut avoir pour ça. Dans le cas des déchets radioactifs, ce sont des volumes qui ne sont pas considérables : à la limite, on peut les mettre sur un bateau et les emmener à l'autre bout du monde. On peut dire « moi, j'ai une solution pour gérer les déchets de haute activité à vie longue, on met cela sur des barges, on va à la frontière en Angola, à la frontière entre le MPLA et l'Unita, on prend deux bulldozers (pour leur en laisser un chacun) et on enterre les déchets en leur laissant quelques dollars pour surveiller ». Et le problème est réglé ! Ceci pour montrer qu'en fait les déchets sont une responsabilité nationale, dont l'impact planétaire est faible. C'est-à-dire qu'on est dans la famille des risques de long terme mais à impact local. Ce ne sont pas des risques planétaires de longue durée, comme l'effet de serre, ou même la vache folle.

Les déchets radioactifs sont un risque malgré tout localisé. Un accident comme Tchernobyl où les essais radioactifs dans l'atmosphère ont un impact à travers la pollution aérienne, mais les déchets non. Donc il s'agit là plutôt, non pas d'une négociation mondiale, sauf, bien sûr, à respecter des standards et justement interdire la formule "Angola" que j'évoquais tout à l'heure, c'est-à-dire éviter le moins-disant environnemental. Il faut surveiller cela parce que certains ont des tentations – on peut penser au projet de stockage international en Russie. Donc il faut avoir des standards mondiaux, mais il s'agit d'abord de garantir l'application du principe pollueur-payeur et l'échelle nationale est en général la plus adaptée.

Pour moi donc, le "Kyoto des déchets radioactifs" c'est comment on met en œuvre le principe pollueur-payeur. Cela pourrait signifier une évaluation correcte des charges induites, et prendre pour cette évaluation le stockage, puisque c'est le plus cher. Et puis il faut avoir le mécanisme financier qui permet la mobilisation correcte des financements au moment où il le faut. Donc on revient à cet aspect : la structure financière, et la stabilité financière du dispositif sont très importantes. C'est la question des conditions sociales et financières de la garantie du long terme qui est difficile.

G.C. : *Est-ce que justement le fait que ce soit un problème de très long terme n'en fait pas dès aujourd'hui, à travers le mécanisme intergénérationnel, un problème global au sens où l'ensemble de l'humanité peut se sentir concernée par un problème qui peut affecter sa descendance, même si on imagine un seul site de stockage dans le monde pour ces déchets ?*

Y.L.B. : Oui, bien sûr. Maintenant, je crois qu'il ne faut pas sous-estimer le potentiel de la géologie pour protéger à long terme. On oublie que tout le pétrole qu'on a est resté confiné sous une couche d'argile pendant de nombreux millions d'années. Mais il faut aussi travailler sur la mémoire des sites de gestions des déchets, il faut garder la mémoire des servitudes que l'on crée. Il faut avoir conscience de cette servitude, et quand je dis qu'il faut évaluer les itinéraires du point de vue du développement durable, c'est aussi de cela dont il s'agit : l'impact potentiel sur les territoires.

Je souhaite que l'ANDRA par-

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

ticipe à ce travail à partir des données et expériences qu'elle a, et qu'en même temps on soit très transversal dans cette évaluation.

G.C. : *Pour évaluer de façon symétrique les externalités liées aux émissions de carbone et celles liées à la production de déchets hautement actifs à vie longue, le rapport Charpin-Dessus-Pellat choisit comme indicateur le tonnage de plutonium accumulé dans les déchets finaux, en valorisant la tonne de plutonium évitée. Pensez-vous que ce choix soit le plus adapté pour la mesure de cette externalité ? Plus largement, cette méthode vous paraît-elle appropriée pour établir, comme le fait le rapport, une comparaison entre les différentes stratégies pour l'aval du cycle ?*

Y.L.B. : En fait, quand on se situe dans un stockage où les déchets sont en condition réductrice, dans une galerie fermée, les radioéléments les moins mobiles sont plutôt les radioéléments type uranium ou plutonium. Il faut travailler sur la hiérarchie des différents radionucléides dans différentes situations de stockage pour définir les plus dangereux à différents termes. Un travail intéressant a été engagé sur cette question dans le cadre du travail interaxes de la loi Bataille.

Globalement, a priori, à ce stade là – toujours avec la réserve que j'ai faite au début – ce qu'il faut prendre en compte, ce qui est le plus pénalisant, c'est encore la thermique. Celle-ci est d'ailleurs révélatrice de son caractère dangereux pour les hommes dans le premier millénaire de la vie, et aussi pour l'environnement, dans la mesure où on a d'une certaine manière un risque de transfert d'éléments vers la biosphère.

C'est la puissance thermique, qui engendre une augmentation de la température, qui va être un facteur clé du coût dans la gestion des déchets, en exigeant des densités plus faibles et des longueurs de galeries plus importantes.

G.C. : Avec le plutonium comme critère, on arrive au résultat que la stratégie retraitement-MOX réalise un gain limité pour un surcoût limité. Dispose-t-on d'éléments pour réaliser de la même manière une hiérarchie des solutions pour l'aval du cycle sur la base de la thermie comme critère ?

Y.L.B. : C'est quelque chose qui mérite d'être affiné, parce qu'il y a encore trop d'incertitudes, même sur le coût des filières d'élimination : combien coûte un entreposage, combien coûte un stockage, etc. On est pour l'instant dans des fourchettes qui sont larges, et on peut en plus imaginer que des astuces technologiques permettent de réduire les coûts. Ce que j'ai tendance à dire est que, en soi, l'uranium et le plutonium ne sont pas des problèmes majeurs en stockage géologique profond. Ni d'ailleurs en entreposage jusqu'à 100 ans par exemple, dans le combustible irradié, où la thermique crée de la contrainte de surveillance, de ventilation, et donc d'intervention.

G.C. : *Vous présentez ces résultats sur le plutonium comme quelque chose de bien connu, peut-être depuis longtemps ? Or une bonne partie des choix qui ont été faits en France dans le domaine nucléaire, dont l'ANDRA a comme vous l'avez dit à gérer les conséquences, vient d'un principe qui a été posé dans les années soixante-dix selon lequel il ne fallait pas laisser de plutonium dans le stockage final…*

Y.L.B. : Certes, mais cette attitude n'était-elle pas liée à une perspective d'utilisation du plutonium ? Et que étant une matière valorisable, sur laquelle de grands espoirs se fondaient, on n'allait pas dire qu'il fallait mettre le plutonium dans le stockage. Je pense que ce n'est pas un discours sur le potentiel du stockage, mais un discours sur le potentiel du plutonium. On voit bien qu'on est dans un débat multi-dimensionnel, et que je ne m'en tiens là qu'à une dimension : je pars de la question des déchets et j'y reste.

G.C. : *Est-ce qu'inversement d'autres éléments – je pense par exemple à l'iode – auxquels on n'aurait peut-être pas porté une attention suffisante se révèlent aujourd'hui compliqués à gérer dans les déchets et peuvent remettre en cause les différentes approches ?*

Y.L.B. : L'iode… Il y a des gens qui disent que l'iode est bien

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

mieux dans la mer que partout ailleurs sous forme concentrée. D'autres disent le contraire. Il y a, dans le cadre de la loi Bataille et de la répartition des recherches, dans la partie CEA un travail qui est fait sur les matrices pour fixer l'iode (des formules d'iodure de plomb par exemple). Il y a un bilan à faire. L'iode est un sujet sérieux. Mais c'est aussi une question liée à celle de la distance dans le temps, et des itinéraires. Parce que quand on parle de l'iode, on peut dire « il y a des problèmes avec l'iode à 1 ou 10 millions d'années, puisque vous avez beau faire un magnifique stockage, quoi-qu'il arrive l'iode sera dans la mer ». Alors il y a des gens qui disent : « est-ce que dans ces conditions ça vaut la peine de l'empêcher d'y aller ». On peut quand même penser que c'est intéressant que ça ne se produise que dans 10 millions d'années.

L'iode peut au moins être confinée sans difficulté pendant 100, 200, ou 300 ans, c'est quelque chose pour lequel on sait faire des matériaux. Donc ça permet de voir venir dans une logique de réversibilité. Ça fait justement partie de la logique “séparation”, non pas dans une optique de séparation-transmutation, mais de séparation pour le conditionnement – les conditions de stockage spécifiques. Et ça rejoint l'approche par les itinéraires, au lieu de questions sur plusieurs millions d'années auxquelles on ne sait pas donner un sens.

Notes

1 Y. Le Bars, *Pour un inventaire national de référence des déchets radioactifs*, Rapport de la Mission sur la méthodologie de l'inventaire des déchets radioactifs, mai 2000.

2 Loi n° 91–1381 du 30 décembre 1991 relative aux recherches sur la gestion des déchets radioactifs (JO du ler janvier 1992).

3 P. Boisson, P. Huet & J. Mingasson, Rapport de la Mission collégiale de concertation granite, juin 2000.

4 M. Rivasi, *Les conséquences des installations de stockage des déchets nucléaires sur la santé publique et l'environnement*, Rapport de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST), mars 2000.

5 La loi Bataille fixe trois axes pour les recherches sur la gestion des déchets radioactifs, à poursuivre simultanément : 1) la séparation et la transmutation des éléments radioactifs à vie longue, 2) le stockage réversible ou irréversible dans les formations géologiques profondes, 3) le conditionnement et l'entreposage de longue durée en surface.

6 Auditions publiques relatives aux conclusions du rapport sur Les conséquences des installations de stockage des déchets nucléaires sur la santé publique et l'environnement, par Michèle Rivasi, Assemblée nationale, 10 février 2000.

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

Entretien avec

Henri Catz

Henri Catz est administrateur salarié du CEA, élu sur une liste parrainée par la CFDT. Il a été Secrétaire Général de l´union Fédérale des Syndicats du Nucléaire (incluse dans la Fédération de la Métallurgie, la FGMM), et Secrétaire Confédéral en charge des problèmes d´énergie, d´environnement, de recherche.

Global Chance

Le rapport Charpin-Dessus-Pellat propose, pour évaluer sous l´angle économique la filière nucléaire, une méthode prospective originale, basée sur une chronologie détaillée des flux physiques et des dépenses associées. Il se singularise également par un refus affiché de fournir aux décideurs les recommandations que peut-être ils attendaient. Quel est, dans ces conditions, l´apport de cette étude au débat public en France sur le nucléaire ?

Henri Catz

Ce rapport est effectivement le premier du genre. On n´avait jamais auparavant envisagé de cette façon le problème et la place du nucléaire dans le "mix" énergétique. Il propose quelque chose de fondamentalement nouveau dans sa méthode, et même s´il peut être perfectible dans son contenu il a le mérite d´offrir un "étalon" commun. S´il est pris sérieusement, et de bonne foi, ce rapport devrait permettre un véritable débat sur les choix de production.

Trop souvent les débats sur le nucléaire sont irrationnels : les uns, anti-nucléaires, s´enferment dans un rejet absolu, tandis que pour les autres le risque n´existe pas. Il y a absence de dialogue et de possibilité de dialogue car il n´existe pas de langage commun. Le grand avantage de ce rapport est de proposer un langage commun, basé sur le prix, sous la forme d´un prix de la tonne de carbone ou de transuraniens évités. Les gens se trompent en pensant qu´il s´agit dans ce rapport d´une valeur sociale : c´est bien un prix, une valeur économique – à laquelle, bien sûr, on peut cependant ajouter des coûts sociaux. On peut contester ces prix, les raffiner. La méthode choisie n´est peut être pas la meilleure, mais elle a l´avantage d´exister.

Des deux côtés, ce rapport met les gens mal à l´aise car il les fait sortir de leur a priori et de l´absolu de leur discours : il est plus facile de se jeter des anathèmes. Mais il donne aux politiques les moyens de décisions. Il leur permet de raisonner sur un mix énergétique, qui est nécessaire, c´est devenu une banalité de le dire. C´est un outil qui permet, si on raffine le modèle, de calculer un optimum pour la production. Ce n´est de toute façon pas le détail des chiffres qui compte, mais les ordres de grandeur, surtout quand on fait des choix qui ont une forte implication politique et sociale.

G.C. : *Ce rapport peut donc apporter une ouverture au débat, mais qu'en est-il réellement ? Avez-vous le sentiment qu'il a été bien reçu, et intégré à leur réflexion, par les divers acteurs de ce débat, en particulier les industriels de la filière nucléaire ?*

H.C. : Malheureusement, il n'a pas encore réellement suscité de débats internes. Je regrette une réaction qui m'a semblé à priori négative, alors que je pense que le nucléaire a une place importante à occuper dans l'approvisionnement

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

énergétique – elle est trop importante aujourd'hui en France mais elle est insuffisante en Europe et dans le reste du monde – et que ce rapport peut apporter des arguments à ceux qui défendent le nucléaire. Ainsi, à la sortie de ce rapport certaines réactions négatives, notamment au sein du CEA, m'ont choqué. Il y a quelques semaines encore, lors d'une table ronde à l'Assemblée nationale[3], Benjamin Dessus s'est fait interpeller au sujet de ce rapport, ce qui prouve que certaines personnes n'ont pas compris qu'il était possible pour elles d'utiliser positivement ce rapport, qui fournit des éléments pour promouvoir une politique nucléaire équilibrée.

Inversement, les Verts ont critiqué fortement ce rapport dès sa parution. La Ministre de l'environnement elle-même a eu une réaction ambiguë, qui est resté très superficielle. Ainsi, les acteurs n'ont pas su se servir du rapport pour mettre en place un début de dialogue. Il met des deux côtés mal à l'aise.

G.C. : *Justement, parmi les acteurs qui pourraient de se saisir de ce rapport, il y a les syndicats. Qu'en est-il ?*

H.C. : Je ne peux répondre que pour la CFDT, car je n'ai pas vu pour l'instant de réponse et de positionnement clair des autres syndicats. En ce qui nous concerne donc, qu'il s'agisse de la CFDT d'EDF, de celle du CEA ou de la position confédérale, la réaction a toujours été très positive, exprimant que ce rapport était intéressant, nouveau : un outil qui nous permet en principe de sortir de situations bloquées.

L'analyse de la CFDT est depuis longtemps que l'avenir de l'approvisionnement énergétique français doit garder une place au nucléaire, inférieure cependant à celle qu'il occupe aujourd'hui. Le rapport renforce cette position. Au delà, ce n'est pas notre rôle d'utiliser ce rapport pour faire tourner les scénarios pour proposer un optimum en fonction des stratégies. C'est le rôle des économistes, et pas le nôtre. Mais nous n'avons pas encore intégré, peut-être, l'ensemble de l'argumentation du rapport, et cette langue commune qu'il nous donne.

Le rapport propose également une réponse clé – que Benjamin Dessus met en avant, car c'est sa sensibilité – en montrant qu'une politique d'économie d'énergie, toujours intéressante sur le plan énergétique, est aussi rentable sur le plan strictement économique. Cela fait longtemps qu'on le dit à la CFDT, et ce rapport permet de quantifier cette politique, qui doit être la colonne vertébrale de toute politique de l'énergie. Et audelà, il y a la question du "mix". Comme pour le reste, cette politique se gère sur le très long terme, et on n'en a guère pris le chemin. On oublie de le dire, quand on constate qu'aujourd'hui certaines mesures sont très difficiles à prendre. Alors que la situation aurait été bien différente, s'il celles-ci avaient été prises progressivement !

G.C. : *Ce rapport est donc une confirmation des avantages de la maîtrise de la demande d'énergie (MDE), en particulier d'électricité. Qu'est-ce qui explique que l'on n'arrive pas à impulser cette politique de long terme, et notamment à prendre le tournant du côté des industriels ?*

H.C. : C'est surtout les politiques qui raisonnent à court terme, l'œil fixé sur les élections. Les industriels, contrairement à ce qu'on dit, savent faire les calculs à long terme. Mais ils n'y voient pas leur intérêt immédiat, dans un contexte global d'énergie abondante à prix bas. C'est une solution de facilité que l'on peut bien comprendre, et c'est aussi une question de culture. On reproche beaucoup aux Américains en particulier de s'opposer avec force à tout effort contraignant de réduction des émissions de gaz à effet de serre dans le cadre du Protocole de Kyoto. C'est facile de faire des reproches, sans regarder ce qui se passe chez nous. Ainsi, notre réaction vis-à-vis du prix de l'essence est la même que celle des Américains, mais à l'échelle de notre façon de vivre.

C'est donc un changement de très long terme qu'il faut amorcer. C'est pourquoi je regrette que les politiques ne se saisissent pas de ce rapport. Mais je suis optimiste, car je reste profondément persuadé que bouger prend des années, et que les réactions immédiates à ce rapport existent, même si elles restent peu visibles. Certaines personnes pourraient être plus

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

courageuses. Le rapport remet en question beaucoup de façons de penser, et il faudra du temps. Mais c'est aux responsables politiques, économiques et industriels de dire clairement que ces changements sont nécessaires.

G.C. : *Le rapport explore de façon approfondie la question centrale du renouvellement du parc, en introduisant une certaine nouveauté :*

- il prend comme hypothèse centrale un allongement de la durée de vie du parc actuel, qui repousse directement l'échéance des choix,

- il examine des solutions nucléaires alternatives à l'EPR,

- il montre que l'alternative gaz, en complément ou remplacement du nucléaire, ne constitue pas une aberration économique.

Quel regard portez-vous sur ces évolutions des termes du débat ?

H.C. : On rentre ici dans un terrain plus politique. Ces résultats renforcent en fait les positions de la CFDT, telles que nous les avons exprimées dans un document paru il y a quelques mois[2]. Je m'empresse de dire que notre position se différencie beaucoup de celle des autres syndicats.

Premièrement, nous constatons qu'il y a une grande difficulté à mener une politique énergétique fondée sur une maîtrise de la demande à cause de l'abondance des ressources et du bas prix de l'énergie au niveau mondial. Car l'argument économique reste aujourd'hui déterminant, même aux dépens de l'environnement. L'effet des taxes destinées à prendre en compte l'environnement (celles qui peuvent être décidées dans le cadre des engagements de Kyoto par exemple) est d'augmenter le prix de l'énergie. C'est un impact au plan économique que les gens ne sont pas prêts à accepter : les inconvénients de court terme l'emportent ainsi sur les avantages écologiques pour le long terme.

La deuxième grosse difficulté, au niveau européen, est que nous sommes en situation de surcapacité. On cherche à gérer de la façon la plus économique possible ce qui existe, plutôt que de faire de la MDE : les économies d'énergie coûtent cher, et on ne voit pas ce qu'elles apportent à long terme. Et cela va durer encore quelques années pour plusieurs raisons :

- la croissance économique est aujourd'hui moins dévoreuse d'énergie;
- on développe des énergies nouvelles (éolien, cogénération, photovoltaïque) qui conservent une part marginale ou faible mais jouent au total un rôle non négligeable dans la production;
- le marasme économique, voire l'effondrement à l'Est crée globalement au niveau européen une demande beaucoup plus faible qu'il y a quelques années, ce qui permet de rationaliser la réponse à cette demande;
- la mise en place d'un marché unique et de bourses de l'énergie à l'échelle européenne va également permettre de rationaliser en ajustant mieux l'offre à la demande, ce qui revient à diminuer les besoins en capacité installée pour satisfaire la même demande.

On peut ajouter à cela, au niveau français, la prolongation de la durée de vie des centrales : celle-ci était prévue au début de 30 ans, ou même 25, sous réserve de contrôle. L'exploitant s'oriente maintenant vers 40 ans, dans le rapport, on prend une hypothèse de 45 ans, et aux États-Unis, l'autorisation de sûreté délivre des permis pour 60 ans. Il faut de plus considérer le fait que les quatre tranches du palier N4 (soit 6 000 MW, représentant 10 % de notre capacité de production électronucléaire) ne sont pas encore totalement intégrées dans notre production.

Cette situation de surcapacité va donc durer encore de nombreuses années. Et le coût du nucléaire, qui est bas (8 c/kWh en coût marginal, et 20 c/kWh pour une nouvelle installation) n'encourage pas EDF à investir dans de nouveaux moyens de production par les énergies renouvelables (EnR) puisque d'une part elles sont plus chères, et d'autre part cela augmente le coût du nucléaire en éloignant le parc de son optimum. On a beaucoup reproché à EDF d'être un État dans l'État – c'était vrai, ça l'est moins maintenant. On oublie qu'EDF est avant tout un industriel, qui doit vendre. On peut faire un parallèle avec l'industrie automobile : on n'a jamais demandé à Renault, même lorsque c'était encore une régie natio-

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

nale, de faire des campagnes de promotion des déplacements en bicyclette.

Le sujet de l'EPR est extrêmement sensible. Mais dans le cadre de cette analyse, demander comme le font différents acteurs la construction rapide d'un EPR n'est pas rendre service à l'avenir du nucléaire – auquel je crois. On n'en a pas besoin aujourd'hui, donc il coûterait cher et renchérirait le coût global du nucléaire. Il faudrait de plus construire plusieurs tranches, puisqu'on calcule en général qu'il faut environ huit tranches pour amortir l'investissement de conception d'un réacteur. Même si ce résultat doit être un peu revu après ce rapport qui relativise la part de l'investissement dans le coût global du nucléaire, il faut au moins quatre ou cinq tranches, ce qu'on n'envisage pas.

La part de 75 % du nucléaire dans notre production d'électricité nous paraît excessive pour des raisons économiques et un objectif de 60 % semble plus adapté. Cela nous donne au moins 20 ans pour la mise au point de filières plus performantes. On peut penser aux filières à neutrons rapides à gaz, qui auront de meilleurs rendements globaux (45–50 %) et un meilleur taux de combustion, ce qui permettra de diminuer la quantité de déchets. Il ne faut pas se précipiter aujourd'hui sur une technique qui sera bientôt dépassée.

G.C. : *Dans son évaluation de la filière nucléaire, le rapport traite largement des stratégies pour l'aval du cycle. Comme sur les autres points, il ne décide pas, mais décrit le retraitement avec recyclage du plutonium comme une stratégie peu efficace à court terme tout en explorant son potentiel à long terme. L'étude chiffre de façon précise le surcoût de cette stratégie. Quelles conclusions tirez-vous de ces résultats. Les scénarios retenus par l'étude pour l'aval du cycle (pas d'inversion de stratégie avant 2010, poursuite et même extension du retraitement dans la majorité des parcs futurs, etc.) vous paraissent-ils compatibles avec l'évolution internationale, défavorable au retraitement ?*

H.C. : Il ne décide pas, en effet, mais évalue le coût actuel de la tonne de plutonium évitée. Cette stratégie est-elle efficace ou pas ? C'est une question d'appréciation, de débat. Je crois que là aussi le rapport propose quelque chose de nouveau, et de positif pour ceux qui croient que pour l'aval du cycle, le retraitement-recyclage est une possibilité à long terme. Il faut prendre en compte non seulement les aspects économiques mais aussi les préoccupations sociales au sens large, c'est-à-dire y compris éthiques.

Le rapport est assez prudent, et ne fait pas les choix, mais personne ne peut être plus précis aujourd'hui. Les stratégies de retraitement-recyclage d'une part, et d'utilisation plus efficace du combustible (sans retraitement) d'autre part ne sont au fond pas si différentes que cela, et elles méritent d'être analysées sous tous leurs aspects. C'est un des problèmes les plus difficiles à étudier aujourd'hui, car on n'en a pas toutes les clés : il existe en effet aujourd'hui encore beaucoup d'incertitudes techniques sur la mise en œuvre des nouvelles filières.

En outre les solutions ne seront jamais des solutions “pures”. Il est vraisemblable qu'un parc à l'équilibre et proche de l'optimum économique sera toujours un “mix” de différentes filières : le rapport fait apparaître les possibilités de coexistence de filières complémentaires : la solution du retraitement – filière uranium-plutonium – qui n'est pas aujourd'hui à l'optimum économique mais donne des résultats et permet au moins de dominer l'outil, ou bien l'augmentation des taux de combustion et le stockage direct pour une efficacité plus grande. Quant à savoir quel est le meilleur équilibre, on n'est pas en capacité aujourd'hui d'aller beaucoup plus loin. Il y a donc un travail très important de R & D à mener.

C'est une situation très difficile à vivre pour les constructeurs de réacteurs, en l'occurrence Framatome. Ce sont eux les plus vulnérables actuellement. Cela pose de gros problèmes sociaux : les gens sont très sensibilisés et inquiets, y compris à court terme. À moyen terme, les acteurs exposés sont ceux qui comme COGEMA vivent sur le parc actuel. En revanche l'activité sera en croissance sur des

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

métiers nouveaux qui apparaissent, comme ceux liés au démantèlement.

G.C. : *Justement, l'impact social figure parmi les éléments évoqués pour repousser dans les scénarios à 2010 un éventuel arrêt du retraitement. On sait pourtant que le contrat en cours entre EDF et COGE-MA arrive à son terme en 2001, et que son renouvellement serait contraire à l'accord passé entre les Verts et le Parti socialiste en 1997. Quelles seraient les conséquences d'un arrêt du retraitement pour EDF dès 2001 ou peu après ?*

H.C. : Que le rapport ne l'envisage pas me paraît être une question de bon sens. Dans la politique actuelle pour l'aval du cycle, tous les problèmes ne sont pas résolus. On sait qu'EDF se fait un peu tirer l'oreille pour le combustible MOX. Du point de vue économique, il est souhaitable d'arriver très vite à ce qu'on appelle la “parité” entre MOX et UOX[3]. Mais l'industrie nucléaire est encore jeune, et très évolutive. On est en phase d'évolution, et non à l'optimum.

Ce que l'on n'est pas capable de chiffrer aujourd'hui, c'est les coûts de la fin de cycle, puisqu'on n'a pas arrêté de solution pour le stockage définitif. Cela n'aurait pas de sens d'envisager un arrêt immédiat du retraitement, même ceux qui souhaitent l'arrêt du retraitement le disent. Même si on peut se poser la question du bilan économique, un arrêt immédiat du retraitement est impensable pour des raisons industrielles, économiques et sociales. Quelles que soient les décisions prises, dix ans est une durée raisonnable pour leur mise en œuvre. C'est donc purement spéculatif de se pencher sur les conséquences d'un arrêt rapide du retraitement, et ce scénario n'aurait rien apporté.

G.C. : *Pensez-vous que l'idée introduite par le rapport d'un parallèle entre les deux types d'externalités CO_2 et déchets de haute activité à vie longue (HAVL) peut permettre d'avancer dans le débat sur l'aval du cycle ?*

H.C. : Oui, c'est une proposition intéressante. Un grand nombre de personnes, dans l'industrie nucléaire, critiquent cette comparaison de deux risques différents. Ils disent que d'un côté, on est sûr en émettant du CO_2 d'augmenter sa concentration dans l'atmosphère, donc le risque, même s'il existe une incertitude sur les conséquences exactes. Et que de l'autre côté, le risque lié au stockage des déchets nucléaires n'est pas diffus, reste toujours localisé et hypothètique, car dépendant d'un accident.

Mais comment appréhender ces risques de natures différentes ? Il y a des choix à faire, et je suis d'accord sur le fait qu'il faut limiter la quantité des émissions de CO_2 et de déchets HAVL. Et si on est d'accord sur le principe d'une réduction des émissions, il nous faut un outil pour la mesurer.

L'ampleur de l'effort à fournir dans un sens ou dans l'autre relève d'un choix politique, mais il faut pour cela disposer d'éléments d'évaluation comme le coût. Avec le coût de la tonne de CO_2 évitée d'un côté et de la tonne de plutonium évitée de l'autre, je dispose d'un outil pour trouver un équilibre entre ce que ça va me coûter et les objectifs que je veux atteindre. Mais attention ! que l'économiste puisse chiffrer les conséquences des choix ne dispense pas du débat social et politique.

Il faut quand même faire une remarque. Nos discussions tournent autour d'un point de vue français, ou européen, c'est-à-dire de pays développé. Si on intègre la donnée fondamentale des besoins de développement du Sud – car on ne peut pas rester seuls à se développer comme on l'a fait – les perspectives changent. L'essentiel des politiques à mener dans les années à venir sera liée à l'évolution, la croissance des pays en développement. Ceux qui participent aux discussions post-Kyoto, avec les groupes de pression variés qui représentent les intérêts très diversifiés, et parfois contradictoires du Tiers-Monde, se rendent compte de leur poids. Ces pays vont prendre de plus en plus de place dans la consommation d'énergie, et nos discours sur le parallèle entre carbone et plutonium peuvent être balayés par cette croissance. On a encore beaucoup trop un discours hexagonal, alors que nos problèmes sont marginaux par rapport aux véritables problèmes mondiaux.

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

G.C. : *L'évaluation économique proposée par la mission Charpin-Dessus-Pellat prend en compte, à travers les externalités, certains aspects environnementaux. La question des impacts sociaux des différents scénarios envisagés pour 2000–2050 est en revanche laissée de côté. Comment réagissez-vous à ce choix ? Peut-on imaginer le bilan social, notamment les effets sur l'emploi, des différents scénarios ?*

H.C. : Sur le long terme, on ne peut pas dire grand chose. Mais les syndicats, les pouvoirs publics, les entreprises sont confrontées à ce problème à court terme. Je trouve cela un peu hypocrite, même si c'est un exercice obligé, de mettre chaque fois que l'on parle de différentes filières un nombre d'emplois derrière. Car un choix fait pour la production d'énergie n'est jamais indépendant de ce qui se passe à côté. Les économies réalisées d'un côté sont utilisées ailleurs pour la croissance, et donc pour l'emploi.

En outre, on cherche toujours à être le plus économique possible, ce qui se traduit par la diminution de la main d'œuvre et l'automatisation. Cette tendance actuelle ne me pose pas de problème en tant que syndicaliste, si cela contribue à la croissance globale et donc à l'emploi. Ce n'est pas là que le problème se pose. Tous les secteurs industriels subissent des évolutions et il y a parfois des situations extrêmement dures à gérer – et nous syndicalistes sommes aux premières loges pour les vivre. Mais ce n'est pas parce qu'il y a des difficultés sociales qu'il faut refuser l'évolution industrielle. Le problème est comment on gère ces difficultés. Toute inflexion d'une politique industrielle doit être préparée, gérée, et doit se négocier longtemps à l'avance. Un exemple : nous sommes dans une situation de traversée du désert pour le constructeur des centrales, qui va durer des années. Framatome ne s'est pas donné les moyens de faire face à cette évolution. La situation qu'on constate actuellement ne vient pourtant pas d'être créée, et la direction de Framatome pouvait en faire le constat comme tout le monde. Au lieu de cela, elle est restée immobile puis s'est lancée dans un chantage à l'emploi totalement inacceptable vis-à-vis des salariés et des pouvoirs publics. La direction n'a pas joué son rôle ni pris ses responsabilités. Cette situation n'est pas nouvelle. Mais les pouvoirs publics aussi doivent annoncer assez tôt les évolutions pour ne pas laisser les industriels faire ce genre de chantage, et cela vaut pour toute la filière nucléaire, le retraitement compris. Ces évolutions n'impliqueront pas nécessairement de diminutions d'emplois, si elles s'accompagnent d'une diversification des activités.

G.C. : *Comment cette logique de transfert d'activité, donc d'emplois, entre filières s'applique-t-elle dans les scénarios à faible demande ? La maîtrise de la demande d'énergie, en freinant la production, a-t-elle un effet négatif sur l'emploi ?*

H.C. : Tout d'abord, ce n'est pas évident qu'une politique de maîtrise de l'énergie se traduise par une baisse de l'emploi, de la main d'œuvre dans le domaine énergétique. On peut même dire intuitivement le contraire : il y a des appareillages, des équipements à mettre en place – dans l'industrie, l'habitat... – donc il pourrait y avoir au moins un transfert du secteur de la production d'énergie à celui des économies d'énergie, avec peut-être une augmentation globale.

Il existe peut-être des problèmes, mais qui doivent être gérables en s'y prenant suffisamment longtemps à l'avance. Si on ne regarde pas seulement la production mais toute l'offre de services énergétiques, c'est un équilibre industriel beaucoup plus vaste qui doit s'établir.

G.C. : *La filière nucléaire est régulièrement mise en cause sur le plan de la sûreté, qui doit être irréprochable. L'intervention récente de l'autorité de sûreté à la centrale de Dampierre a relancé les interrogations sur le maintien d'une culture de sûreté forte dans le secteur nucléaire : maintien des exigences de sûreté face à une nécessité croissante de compétitivité et maintien des compétences dans un contexte de stagnation, voire de déclin de l'activité. Ce problème n'est pas traité par le rapport. Pensez-vous qu'un risque de dégradation de la sûreté existe dans les ori-*

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

entations projetées dans le rapport ?

H.C. : La question de la sûreté n'est en effet pas abordée de façon explicite dans le rapport – et ce serait effectivement difficile de lui associer des coûts. Mais il va de soi que la sécurité est un préalable absolu à tout le reste. Le maintien, le développement de la production (qualité, quantité) ne peut se concevoir sans une excellente sûreté.

On est beaucoup plus exigeants pour la sûreté dans le nucléaire que dans d'autres secteurs industriels, comme la chimie, les transports, la métallurgie. Certains s'en plaignent, pas moi. La sûreté a un coût, mais il est impossible à chiffrer indépendamment du fonctionnement industriel de l'outil luimême. N'importe quel accident a un coût social et industriel qui peut être très élevé. Augmenter la sûreté, ce n'est pas forcément un surcoût, c'est parfois une économie. Le retour d'expérience permet d'abandonner des mesures qui se sont révélées inutiles, ou d'en créer d'autres plus importantes.

Quant au cas de Dampierre, le problème est complexe et je ne connais pas suffisamment la situation interne. L'autorité de sûreté a bien rempli son rôle.

G.C. : *Peut-on effectivement envisager que la sûreté se maintienne au même niveau lorsque, selon les scénarios, on poussera la machine (augmentation importante du facteur de charge, ou Kp, du parc) ou bien au contraire on l'arrêtera (renouvellement du parc par du non nucléaire) ?*

H.C. : Je pense que les risques ne sont pas là. Le problème clé est le rôle des autorités de sûreté. Le Kp n'est pas élevé en France. Il est beaucoup plus important en Allemagne ou aux États-Unis[4], où la sûreté n'est pas plus mauvaise. L'efficacité économique est meilleure en Suède et en Allemagne qu'en France, car on y utilise le nucléaire en base. C'est un problème industriel, mais pas un problème de sûreté.

Si l'on poussait à fond la productivité sans préserver la sûreté, les syndicats réagiraient très fortement, de même que l'autorité de sûreté, qui est crainte et très présente. C'est son rôle. Dans l'accident de Tokaï-Mura[5], qui a fait beaucoup de bruit et de mal au nucléaire, la responsabilité de l'industriel est engagée, mais une responsabilité majeure incombe à l'autorité de sûreté qui a toléré, ou n'a pas vérifié de tels comportements. Il y a eu laxisme de l'entreprise, mais laxisme encore plus grand de l'autorité de sûreté. La tentation peut exister pour l'industriel de négliger la sûreté, d'où l'importance d'un contrôle très strict.

Augmenter le Kp ne nuit pas en soi à la sûreté. D'ailleurs, on pourrait alors penser que si le Kp baisse la sûreté augmente, ce qui n'est pas vrai non plus. Nos centrales sont plus performantes depuis quelques années, et la sûreté s'est parallèlement améliorée. Il y a bien sûr des limites. À la CFDT, nous y sommes particulièrement sensibles et s'il le faut, nous réagirons fortement.

G.C. : *Le rapport étudie pour construire ses scénarios jusque 2050 la prospective technologique des filières nucléaires et non nucléaires. Il se montre beaucoup plus timide dans les alternatives non nucléaires que dans le choix ouvert pour le secteur nucléaire, avec des nouveaux réacteurs et des nouveaux combustibles. Ce déséquilibre reflète la priorité donnée de longue date en France à la R & D sur le nucléaire plutôt que sur d'autres sources d'énergie. Faut-il aujourd'hui inverser les priorités pour ouvrir le champ des alternatives possibles ?*

H.C. : D'une part, ce rapport n'a pas tout couvert, et ça ne me choque pas. Il y a encore beaucoup de travail à faire, par exemple pour développer des scénarios qui vont dans d'autres directions. C'est ensuite une question d'appréciation, de sensibilité sur les scénarios que l'on veut développer. Mon avis personnel sur la pénétration des EnR est que, hormis l'hydraulique – qui est renouvelable même si certains ne veulent pas la ranger dans cette catégorie – les autres sources d'énergies renouvelables resteront marginales pendant de nombreuses années.

Le photovoltaïque, par exemple, doit encore beaucoup progresser pour être compétitif : dans son rapport, Yves Cochet propose un prix de rachat par EDF de 3 F/kWh garanti sur 15 ans[6], alors que le nucléaire lui coûte 8 c/kWh. On peut faire des progrès sur les matériaux et les technolo-

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

gies, mais rien ne permet de dire que l'on va vers des évolutions fondamentales et il est difficile de faire des scénarios tenant compte de découvertes qui n'ont pas eu lieu.

L'éolien offre des perspectives intéressantes, mais pose des problèmes d'implantation : avec des puissances qui vont aujourd'hui jusqu'à 1 MW par éolienne, et une utilisation à 25 % environ en moyenne, il en faut environ 1 000 pour égaler la puissance d'un réacteur du parc, et presque 4 000 pour égaler sa production !

La pile à combustible n'est pas à classer dans les énergies renouvelables, car elle utilise de l'hydrogène qui n'existe pas à l'état naturel. Si on l'obtient par réformage d'un alcool, on produit du CO_2. On perd en amont une très grande partie de l'avantage gagné en aval. Alors l'hydrogène doit être produit directement, et on peut penser pour cela au nucléaire – mais ça demandera encore beaucoup de R & D.

Les scénarios du rapport ontils été timides ? Je ne les trouve pas déraisonnables. Ceux qui souhaitent une pénétration plus forte des EnR peuvent, sur la base de cet outil qu'est le rapport, construire et évaluer des scénarios, en incluant les externalités.

G.C. : *Dans ce contexte, le rôle du CEA est-il de se concentrer sur la R&D nucléaire, ou au contraire doit-il aussi s'engager sur d'autres voies ?*

H.C. : À la CFDT, cela fait très longtemps que l'on demande que le CEA élargisse son activité à d'autres formes d'énergies nouvelles. Le CEA fait en effet depuis longtemps des recherches et a des compétences en dehors du nucléaire. Il a une mission d'appui aux industriels du nucléaire mais aussi de R & D à très long terme.

Depuis de nombreuses années, seulement la moitié du budget civil de recherche est consacrée strictement au nucléaire. Le reste est destiné à des recherches fondamentales en physique, en biologie, en R & D sur les matériaux, la robotique, l'informatique. Des compétences très nombreuses existent qui sont nées de l'activité nucléaire. Aucune autre structure – si ce n'est pas la seule, c'est en tous cas la plus grande – n'a les mêmes compétences et la même culture. Pierre Colombani a affirmé lors d'un colloque récent à l'Assemblée nationale que le CEA est le seul organisme de recherche technologique en France. Et je crois que c'est vrai. Le CNRS en fait très peu – et ce malgré quelques efforts. C'est peut-être aussi dû au fait que le CNRS regroupe la totalité des champs de la recherche en France. Et les autres organismes de recherche ont des objectifs beaucoup plus spécialisés (INRA, CEMAGREF, IFREMER...). Donc le CEA est pratiquement le seul en France à pouvoir mener cette R & D. Au même colloque, Yves Cochet s'opposait à ce que le CEA prenne en charge la R & D sur les énergies alternatives. Mais qui peut le faire ?

Construire une autre institution serait extrêmement lourd. Cela vaut-il la peine ? C'est un atout énorme pour le CEA. Il faut travailler sur le nucléaire parce qu'il a des avantages mais aussi sur les autres énergies, car elles ont d'autres avantages. Le CEA doit pousser à fond ses recherches dans tous ces domaines. Il a sur les EnR des partenariats aussi bien publics – avec l'ADEME, qui a des moyens financiers mais peu de R & D propre – que privés, avec par exemple TotalFinaElf. On peut toujours soupçonner que le CEA soit “marqué nucléaire”, et qu'à ce titre il ne cherche pas réellement à développer des énergies alternatives. C'est donc à lui de démontrer le contraire – c'est une question de crédibilité et d'image. Mais il y a aussi beaucoup d'inertie dans la tête des gens, y compris à l'intérieur du CEA. La CFDT travaille à faire sortir le CEA de la mentalité de “citadelle assiégée” pour s'ouvrir aux préoccupations de la société. Cela n'est pas facile, mais c'est indispensable.

Notes : voir page 78

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

Entretien avec

Serge Perez

Serge Perez, chercheur au CEA, est Responsable national de la Fédération Nationale Mines Énergie (CGT)

Global Chance

Le rapport Charpin-Dessus-Pellat propose une évaluation très détaillée de l'économie prospective de la filière nucléaire en France, basée sur une méthode originale partant des flux physiques pour arriver à une chronologie des coûts et enfin à un calcul actualisé. Bien que présentant des résultats d'une grande finesse, les auteurs se refusent à apporter des recommandations aux décideurs. Ce rapport tranche ainsi avec bon nombre de ses prédécesseurs sur le même sujet. Avec ces spécificités, quel est selon vous l'apport de cette étude au débat public en France sur l'avenir du nucléaire ?

Serge Perez

Tout d'abord, nous tenons à noter l'excellente qualité de ce rapport, et le travail remarquable de tous les acteurs. Les sources sont fiables, le rapport le dit lui même, dans un domaine où bien souvent tout est sujet à controverse et à débat, y compris parfois les données de base les plus élémentaires et les plus fiables, c'est-à-dire les chiffres du passé ou actuels, sans parler bien entendu des hypothèses futures. Toutefois, ensuite, l'interprétation des chiffres peut être sujet à débat, nous y reviendrons, je pense. Les résultats sont en effet d'une grande finesse, et c'est déjà ce qui pourrait être sujet à controverses. Le rapport porte en lui-même ses propres limites : en effet, toute tentative de ce type se heurte à la limite évidente de la précision des hypothèses. En 1972, je ne vais pas vous l'apprendre, les projections faites sur les consommations d'électricité ont amené à des prévisions de 5 à 10 RNR sur notre sol. On voit où nous en sommes presque 30 ans plus tard, et là encore je pense que nous y reviendrons.

Juste un second exemple : le rapport cite des chiffres sur le prix du baril, le taux de conversion du dollar, le prix du gaz dans 20 ans, qui peuvent pour le moins faire réfléchir... alors même que depuis la parution du rapport nous avons déjà vécu une mini-crise pétrolière. Le rapport ne peut finalement répondre qu'aux questions qu'on lui a posées, ou qu'il s'est lui même posées. Les deux grandes questions sous-jacentes sont :

- l'augmentation de la durée de vie des centrales,
- l'aval de la filière avec notamment l'arrêt du retraitement en 2010.

Le rapport s'est donc limité dans le champ des questions qu'il s'est posées. Mais il a pour nous deux mérites. Le premier est de permettre au débat sur l'énergie en général de s'ouvrir. Il n'est pas question pour nous de jouer une énergie contre une autre. Il nous semble aussi absurde d'être exclusivement pro nucléaire, que d'être exclusivement pro gaz ou pro éolien. Ce pays, et l'Europe en général a besoin de débattre démocratiquement, sereinement sur la politique énergétique qu'il souhaite avoir dans les 50 ans qui viennent, et toute étude de ce type ne peut qu'enrichir le débat, permettre

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

des confrontations fructueuses. Cela étant posé, il nous semble que nous aurons réellement besoin de toutes les énergies, et que chacune d'elles doit être utilisée au mieux de son rendement et de son efficacité économique et sociale.

Son second mérite est de faire le point chiffré sur les coût économiques de la filière électronucléaire, en proposant des comparaisons très fines entres les différentes options possibles. Ce point est utile, même si nous n'adhérons pas au principe selon lequel le débat nucléaire, comme d'autres, devrait se réduire à la seule question économique. Le rapport montre que le nucléaire reste compétitif.

Le fait de ne pas émettre de recommandations nous semble normal.

Par contre il nous semble que ce rapport a omis une dimension essentielle, qui est la dimension sociale, dans toute son acceptation. En effet, la France a développé grâce à la filière nucléaire, des compétences extrêmement pointues et quasiment uniques au monde. Nous sommes sans doute l'un des rares pays à maîtriser l'ensemble de la filière sur notre sol. Indépendamment de la composante des emplois directs et induits, l'apport à la richesse de notre pays est indéniable : richesse intellectuelle, mais également richesse pure, grâce aux économies d'importation de matières premières qui ne sont pas sur notre sol, sans oublier bien entendu l'apport à la maîtrise des gaz à effet de serre qui fait de la France un des rares pays à pouvoir respecter les engagements de Kyoto.

Enfin, il nous semble que dans les perspectives, ce rapport n'a pas regardé l'ensemble des alternatives. Il considère l'alternative nucléaire-gaz, alors que schématiquement le gaz représente 50 à 100 ans de réserves, et néglige le charbon propre, alors que l'Europe dispose de réserves de charbon autrement plus importantes. Sur le nucléaire même, le rapport brille par l'absence de toute prise en compte des rapides, qui est pour nous un manque évident.

G.C. : *Quel est votre sentiment sur la façon dont les acteurs ont pu exploiter ce rapport depuis sa sortie ? Pensez-vous qu'il suscite des débats en interne dans les différentes composantes de la filière nucléaire ?*

S.P. : Nous ne souhaitons pas que ce rapport soit l'enjeu d'une exploitation, justement par l'un ou l'autre des acteurs. Il apporte des éléments au débat, et il nous semble que ce sont aux citoyens de trancher, et donc à la représentation parlementaire ou au gouvernement de définir une ligne claire pour les prochaines décennies, en toute connaissance de cause.

Cela étant dit, personne n'est dupe. Si on reste dans les schémas d'affrontement qui dominent actuellement, on court à la catastrophe. Nous nous trouvons parfois, et je le dis sereinement, devant des comportements inadmissibles au sein d'une démocratie.

Un seul exemple. La loi de 1991 impose de faire des recherches sur trois axes : transmutation, entreposage longue durée, stockage souterrain. Pour préparer une décision en 2006, dont nous savons maintenant qu'elle sera repoussée sans doute, un certain nombre de recherches ont été lancées. En ce qui concerne le stockage en profondeur, il s'agit de l'étude sur les laboratoires souterrains, dans deux sites, l'un argileux, c'est le site de Bure, l'autre granitique à déterminer. La mission granite, qui avait débuté ses travaux avant l'été, a été obligé de l'arrêter, sous la pression. Loin de moi, et je serais mal placé pour le faire, l'idée d'enlever aux citoyens la possibilité de contester des décisions. Mais la manière dont cela s'est passé n'est pas défendable. Les trois missionnaires ont été ramenés, parfois violemment aux limites de certains départements, empêchant ainsi tout débat, toute concertation. Mais plus grave, les mêmes élus qui avaient voté la loi de 1991, ont eux-mêmes défilé dans les rues contre la mission granite. Cela ne va pas dans le sens du débat d'idées serein qui est nécessaire sur des questions aussi complexes et aussi importantes.

Je ne sais pas si ce rapport suscite des débats ailleurs que chez nous. Je pense que oui, bien entendu. En tout état de cause ces débats ne s'extériorisent pas énormément. Chez nous, le débat a eu lieu, c'est évident. Par contre, si certains

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

acteurs se sont exprimés publiquement, comme le CEA ou certaines composantes de la majorité plurielle (Verts, PC, MdC), il semble que certains acteurs du nucléaire soient restés muets : COGEMA et EDF notamment n'ont pas communiqué sur le rapport, alors qu'ils sont évidemment les acteurs les plus impactés. Le rapport fait des hypothèses sur les stratégies de ces entreprises : pour COGEMA, en pointant un arrêt du retraitement, ce qui n'est pas rien, et pour EDF en insistant – d'une façon qui nous paraît exagéré – sur le facteur de productivité du parc et par extension la notion de surcapacité nucléaire d'EDF. Je peux vous dire qu'EDF n'est absolument pas en surcapacité dans la logique actuelle et avec le réseau actuel.

Ces deux entreprises sont placées face à des contradictions dans un monde qui a changé. Les enjeux sont tels qu'EDF ou COGEMA ne monteront pas seuls au créneau – ils s'exprimeront en fonction des orientations du gouvernement. Mais c'est significatif qu'ils soient en difficulté pour s'exprimer sur ces questions.

***G.C.** : Vous n'avez pas cité Framatome. Cette entreprise, en difficulté pour vendre son projet de réacteur EPR, est au centre d'un plan de restructuration du nucléaire. Framatome reste-t-il un acteur du nucléaire français ?*

S.P. : Tous les acteurs sont confrontés au même problème, mais celui-ci est pour Framatome une question de survie. Le problème, c'est le maintien des compétences : comment le garantir si on pense, par exemple, à un moratoire de 15 ans sur la construction de nouveaux réacteurs en France ? On ne sait pas le faire sur des objets de haute valeur et de haute qualité technologique. Pour maintenir ces compétences, l'avenir peut se jouer à l'export – les regards se tournent alors vers la Chine. C'est dans ce cadre qu'on a découvert récemment des projets de restructuration. Il faut pour nous y mettre plusieurs conditions : d'abord que quelqu'un pilote effectivement le projet, ensuite que nous disposions des éléments pour juger, enfin qu'on conserve une maîtrise publique. Il faut penser à un « pôle public de l'énergie ». Des deux projets en concurrence, celui que le Monde qualifie de « projet Colombani »[1] nous paraît plus cohérent.

***G.C. :** Le rapport se cantonne à une analyse des besoins pour la France. Cette perspective franco-française, à l'heure de l'ouverture du marché européen, voire mondial de l'électricité, limite-t-elle la portée de cette étude ? En quoi l'intégration de la dimension européenne ou internationale peut-elle modifier la lecture du rapport ?*

S.P. : C'est évident. La libéralisation du marché – contre laquelle, je le rappelle, nous nous battons fermement – modifie complètement les données. Tout d'abord, laissez moi vous dire que nous considérons que l'électricité n'est pas une marchandise comme les autres. Cette idée peut paraître à la mode mais elle constitue pour nous le socle de toute démarche. En effet toutes les études prouvent que l'espérance de vie est étroitement corrélée avec la consommation d'énergie. Plus l'on a d'énergie à sa disposition, plus l'on peut accéder aux soins, à l'instruction, au confort. De même plus l'énergie est abondante, plus les travaux difficiles pour l'homme sont remplacés par des machines, contribuant ainsi au bien être. Si certain pays sont relativement bien fournis, et se posent donc des problèmes d'économie d'énergie, terme que nous récusons et auquel nous préférons augmentation de l'efficacité énergétique, d'autres pays sont loin d'avoir le minimum nécessaire. Tout le monde reconnaît qu'on ne peut pas rester dans une logique franco-française. Mais deux points de vue sont possibles, deux logiques s'affrontent :

On peut avoir un point de vue de pays riche et ouvrir le débat au niveau européen. On est dans une logique libérale, qui va laisser jouer les acteurs du système suivant la loi de l'offre et de la demande, et dans laquelle aucune externalité ne sera prise en compte. On voit déjà les contradictions, notamment sur le nucléaire qui est pénalisé par cette évolution alors qu'une étude de la Commission affirme qu'il faudrait 85 nouveaux réacteurs en Europe pour respecter les engagements de Kyoto[2].

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

Mais il faut ouvrir davantage si on ne veut pas se tromper de débat : l'appel énergétique des années qui viennent sera le fait des pays émergents, si tant est qu'on les laisse émerger… Non seulement l'effet de serre ne connaît pas les frontières, mais plus grave, ses effets vont se concentrer dans les pays émergents, là où les gens pour des raisons économiques évidentes habitent et vivent près des fleuves et des deltas.

Quelques exemples. En Chine, la moitié de la production de charbon sert à transporter l'autre moitié. Il y a là réellement nécessité à proposer des solutions alternatives, pour que la production d'énergie soit au plus près du lieu de consommation. Et là ce sont peut-être des solutions nucléaires près des grandes métropoles et d'autres solutions ailleurs.

En Europe, comment l'Allemagne va-t-elle résoudre sa contradiction : arrêter ses centrales, et respecter ses engagements à Kyoto. Bien sûr, il y a la possibilité de brûler le charbon allemand, ou bien de jouer sur la flexibilité. Mas ne serait-il pas cynique d'arrêter des centrales en Allemagne et d'investir en France par exemple dans la construction de nouvelles tranches nucléaires ?

Enfin soyons extrêmement vigilants quant à la notion de puits de carbone. Il nous semble dangereux d'inclure les grandes forêts, qui sont au Sud, pour laisse au Nord le droit de polluer. Cela est extrêmement pervers.

G.C. : *Le rapport apporte des éléments très nouveaux dans le débat public sur le renouvellement du parc à trois niveaux essentiels :*

- il envisage pour la première fois la prolongation de la durée de vie, ce qui repousse considérablement l'échéance des choix,

- il propose des alternatives à l'EPR,

- il montre qu'un mix énergétique incluant moins, voire plus du tout de nucléaire à l'horizon 2005 ne constituerait pas une catastrophe économique.

Comment réagissez-vous à ces différents éléments ?

S.P. : La prolongation de la durée de vie des centrales est en effet une question d'actualité. N'est-ce pas la preuve que les acteurs ont bien travaillé, que la R & D a été performante ? Il ne faut pas oublier ces gens-là quand on parle de « retour sur investissement ». Je vous fait remarquer que sans la mise en place d'une filière électronucléaire publique, le résultat aurait sans doute été différent. Les centrales prévues pour durer 30 ans se voient maintenant capable de fonctionner 45 voire 60 ans comme aux États-Unis.

Cela a plusieurs conséquences : tout d'abord, il se développe un marché des centrales d'occasion. Les investissements sont faits, et donc le kWh produit est très rentable. Ce système n'est pas possible en France, ni même en Europe; en tout état de cause nous serons extrêmement vigilants sur ce point là. Mais lorsque l'on a un outil performant, cela semble normal de prolonger sa durée de vie aussi loin que les autres contraintes le permettent (la sécurité notamment).

Prolonger la durée de vie nécessite d'investir dans la R & D qui permettra de vérifier que c'est possible. Mais repousser l'échéance des choix semble plus difficile. En effet le nucléaire a ceci de particulier qu'il possède des constantes de temps relativement grandes entre la décision de faire une R & D et la mise en service d'un premier prototype. Maintenir ouverte ou développer l'option nucléaire implique de mener la R & D innovante aujourd'hui, et c'est pour cela que le CEA envisage sa R & D dans une perspective à 25 ans environ.

Prenons la première centrale susceptible d'être arrêtée : Fessenheim. Elle a divergé en 1977 et cela nous donne une mise à l'arrêt prévue en 2007 sur la base de 30 ans, 2017 sur la base de 40 ans et 2022 sur la base de 45 ans. L'extrême serait 2037 si l'on imagine qu'une durée de vie de 60 ans est raisonnable. Mais restons dans le cadre du rapport. Et prenons 2017 comme base, en imaginant que les recherches sur les matériaux notamment montrent qu'il n'y a aucun risque. Avoir un remplacement en 2017 suppose une construction en 2015 environ. Mais pour avoir une tête de série, il est important d'avoir un prototype sur lequel on a un retour d'expérience de quelques années. Cela donne un pre-

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

mier prototype en 2010, un début de construction en 2005 et donc une décision voisine de 2003.

On peut alors imaginer qu'une partie du parc soit renouvelé par l'EPR, et qu'ensuite aux alentours de 2025, on puisse avoir une nouvelle génération de réacteurs, plus performants, de type HTR.

Sur l'EPR, laissez moi faire une remarque. C'est quand même un réacteur dont la conception est très avancée, intrinsèquement plus sûr et qui présente des avantages pour l'aval du cycle – on peut l'utiliser avec 100 % de combustible MOX. Pour nous l'EPR à trois vocations :

- remplacer le parc actuel dès que les premières centrales seront arrêtées, et pour cela il faut engager rapidement un premier prototype;

- permettre à la France d'avoir une « vitrine » pour les marchés extérieurs – car les marchés étrangers ne l'achèteront pas sans le voir fonctionner;

- maintenir à leur niveau maximum les compétences de toute la filière.

Nous pensons qu'indépendamment de la décision technique, il est urgent de prendre une décision politique de renouvellement extrêmement rapidement. Toute non-décision étant un pas supplémentaire dans le non-renouvellement. Nous souhaitons que la décision concernant EPR soit prise immédiatement, afin que les entreprises concernées puissent conserver les compétences en place.

Si on l'entend au sens du prix du kWh, le terme de « catastrophe » appliqué à l'hypothèse d'abandon du nucléaire est beaucoup trop fort – mais la catastrophe se produirait sans doute sur l'effet de serre. Par contre, au sens de « l'économie d'une nation », on pourrait parler de catastrophe : perte de compétences, des emplois, de toute une filière…

L'alternative pointée à l'abandon du nucléaire est principalement le gaz. Or nous savons que cela se fera au détriment de l'effet de serre. De plus, l'hypothèse prise pour le coût du gaz nous semble fantaisiste. Il n'y a qu'à voir ce qui se passe actuellement. Le prix du gaz est pour l'instant indexé sur le baril et personne ne peut prévoir ce coût à l'horizon 2040–2050. Que vaudront les derniers gisements de gaz ? À quels prix techniques, mais également géopolitiques obtiendront nous les derniers barils de pétrole ? Il faut être extrêmement prudents lorsque l'on touche à ces questions là, car nul ne peut prédire l'avenir.

Il nous semble que la sécurité d'approvisionnement est primordiale pour une nation comme la France qui ne possède pas de ressources propres, hormis le charbon sur son territoire. Les pays possédant les gisements feront la loi et dicteront leur prix, pouvant mettre à genoux une économie basée uniquement sur ces ressources énergétiques.

Enfin, est-ce bien raisonnable de miser sur une ressource que nous savons à terme limitée. Et dans ce cas, je voudrais faire remarquer que le charbon devient une alternative beaucoup plus crédible au gaz, sous réserve de développer les recherches dans le domaine du charbon propre, (chaudière à lit fluidisé, notamment). En gros, dans l'option où l'on remplace les centrales nucléaires par une solution gaz, nous avons un siècle de stock, ensuite, seul le charbon sera disponible.

Enfin, il semble que ce rapport fasse l'impasse sur deux filières. La première c'est les réacteurs à neutrons rapides, qui sont la seule manière d'épuiser au maximum le potentiel énergétique des combustibles nucléaires. Superphénix a été arrêté par le Premier ministre, non pour sanctionner un échec mais par une décision purement politique : il venait de fonctionner pour la première fois 18 mois sans interruption. Cette décision a été un déchirement pour tous les salariés, même si peu d'acteurs à part la CGT ont mené le combat. Peutêtre que cet instrument est arrivé trop tôt, dans une réalité industrielle inadaptée. Ça ne doit pas conduire à abandonner la filière. Le Japon, la Russie exploitent quand même encore des réacteurs de ce type. La seconde est la fusion, qui à terme sera la seule alternative à la demande en énergie dans les pays industrialisés.

G.C. : *Vous semblez très affirmatif sur ce point…*

S.P. : L'enjeu est trop important : on imagine une source d'énergie inépuisable, quasiment propre – en dehors des

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

problèmes d'activation de matériaux des parois. Ce serait bien sûr exploitable uniquement dans les pays très développés. Il est prétentieux de dire que l'on y croit ou non. Mais j'espère le voir avant de mourir, et en tous cas on ne peut pas ne pas aller au bout. C'est la problématique ITER 2 : le Canada et le Japon se battent pour avoir ce projet, et la France n'est candidate que depuis 1 ou 2 mois, alors qu'on dispose de très bonnes compétences.

G.C. : *Le rapport donne une place importante à la question des stratégies pour l'aval du cycle. Il apporte sur le retraitement avec recyclage du plutonium une réponse qu'on peut juger ambiguë : c'est une stratégie peu efficace aujourd'hui mais prometteuse pour demain. Que pensez-vous des choix des scénarios pour l'aval du cycle (pas d'arrêt du retraitement avant 2010 pour le parc actuel, extension du retraitement au MOX dans la majorité des scénarios pour le parc futur, etc.) ? Vous paraissent-ils compatibles avec les impératifs de compétitivité économique et l'évolution internationale ? Comment, enfin, analysez-vous les résultats auxquels ils conduisent ?*

S.P. : L'efficacité dépend toujours du critère de mesure. D'un point de vue économique, le retraitement amène inévitablement à un surcoût. Mais a-t-on intégré tous les éléments : coût de la tonne de CO_2 évitée, valeur du plutonium ? Sur ce dernier point nous savons que les experts ne sont pas d'accord : ils donnent suivant les points du vue une valeur positive, nulle voire négative au plutonium recyclé.

Une troisième donnée est encore plus délicate à quantifier : la sécurité d'approvisionnement créée par le cycle du combustible. Comment quantifier le fait de ne pas être soumis aux aléas d'un marché qui échappe à la France, et même à l'Europe. Nous savons déjà que sans le parc nucléaire, près de la moitié de la croissance de l'an 2000 aurait été effacée par la hausse du prix du baril.

En ce qui concerne les déchets, rappelons que le retraitement amène à isoler les déchets dont la radiotoxicité est la plus grande, voire à les trier et les stocker de la manière la plus pertinente ou les incinérer lorsque les recherches sur la loi 1991 auront abouti.

Cela étant posé, il nous semble que nos directions d'entreprises devraient être plus claires dans leurs stratégies. En effet, soumis à la pression du marché, EDF va avoir une forte propension à refuser de « moxer » voire de retraiter d'un point de vue purement économique. D'un autre coté, une entreprise comme COGEMA qui a bâti toute sa stratégie et dimensionné son outil industriel en grande partie sur le retraitement, y compris étranger, va devoir diminuer ses coûts pour rester compétitive. Quant au CEA, il poursuit ses recherches dans le domaine de l'aval du cycle, notamment le multi-recyclage du plutonium, la séparation et la transmutation, mais également à plus long terme en travaillant sur la notion de réacteurs propres.

Tout cela, il nous semble nécessite absolument une mise en cohérence afin que l'on ne se retrouve pas devant des décisions prises unilatéralement par l'un des acteurs. Ce problème est réellement un problème à la fois de gestion des déchets, et de politique énergétique par la récupération des matières fissiles. Le regarder uniquement d'un seul de ces points de vue nous semble réducteur et amène à une logique d'affrontement entre les partisans de l'arrêt du retraitement et ceux de sa poursuite.

Pourquoi ne serait-il pas possible de débattre sereinement de ce point là également, sans que les salariés soient pris en otage. N'est-il pas possible de regarder tous les scénarios possibles de la fin de cycle, et l'on sait que l'éventail est large entre le stockage direct et le retraitement poussé avec incinération, afin, la encore, d'ouvrir un débat serein ?

G.C. : *Les scénarios prospectifs, en comparant divers « mix » énergétiques, démontrent l'intérêt de la diversification de la production. L'un des résultats importants du rapport est par ailleurs l'avantage, y compris sur le coût du kWh, des scénarios de demande basse – donc des politiques de maîtrise de la demande énergétique. Quelles*

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

doivent selon vous être les priorités de cette diversification des politiques d'offre et de demande ? Le mouvement d'ouverture du marché de l'électricité, et peut-être à terme d'évolution vers le secteur privé de l'opérateur historique, modifie-t-il les perspectives sur ce point ?

S.P. : Là encore évitons d'avoir une approche franco-française. Nous ne sommes pas opposés à la diversification de la production. Par contre soyons extrêmement prudents lorsque l'on parle de maîtrise de la demande et cela pour deux raisons.

La première est sociale. Maîtriser la demande se fait souvent par l'augmentation du prix. Et cela est bien entendu incompatible avec la nature du produit en question, qui est vital. La seconde est purement technique : à chaque fois que l'efficacité énergétique augmente, l'appel énergétique global ne diminue pas voire augmente lui aussi. Cela s'explique simplement. Augmenter l'efficacité énergétique amène l'énergie là ou auparavant elle n'était pas envisageable. Des besoins nouveaux apparaissent, des offres nouvelles se créent, des possibilités apparaissent.

Prenons l'exemple des télécoms. L'augmentation de l'efficacité des réseaux a amené la multiplication des besoins : téléphonie mobile, Internet, visio-conférences... Ce qui était inimaginable auparavant devient le quotidien. Et globalement, nous avons vu une explosion de la consommation, et d'ailleurs je serais surpris que votre facture globale ait diminué !

Enfin n'oublions pas les autres pays. L'appel énergétique mondial ne peut que croître, ne regardons pas le monde avec nos yeux de pays riche. Il est donc fondamental de pouvoir répondre à la demande de ces pays. Il y a bien évidemment une contradiction flagrante du système : comment à la fois vouloir ouvrir le marché de l'électricité, et donc laisser les acteurs entrer dans une compétition économique sans merci, et limiter le produit à consommer. Pour poursuivre le parallèle, c'est un peu comme si l'on avait ouvert le marché des télécoms, en imposant une limite aux unités téléphoniques totales transportées. C'est aberrant.

Le marché va avoir tendance à vouloir vendre de plus en plus. On va se retrouver dans une spirale infernale, ou pour des raisons de concurrence, on va vendre beaucoup – l'exact contraire de la maîtrise de la demande – de l'énergie à fort contenu de CO_2 car elle sera plus rentable à court terme.

G.C. : *La mission Charpin-Dessus-Pellat s'est intéressée aux aspects économiques et, à travers les externalités, aux aspects environnementaux de la filière nucléaire française, considérée de façon prospective jusqu'au milieu du siècle prochain, selon plusieurs scénarios. Bien que ponctuellement abordée, la question sociale est largement absente du rapport final. Comment analysez-vous ce manque, et que pensez-vous que l'on puisse dire que le plan social – en particulier pour l'emploi-des différents scénarios dessinés pour le futur ?*

S.P. : Les rapporteurs ont souhaité rester hors du champ de l'emploi. C'est évidemment leur droit mais nous pensons que c'est un gros manque de l'étude. Là encore, sans se prononcer ni apporter des recommandations aux décideurs, il aurait été souhaitable qu'une cartographie des emplois soit étudiée suivant les scénarios. On peut en effet très bien imaginer que suivant les scénarios les emplois se déplacent.

Prenons l'exemple de l'informatique. On est certains à présent que globalement l'informatique a créé des emplois, contrairement à ce que l'on pensait dans les années 1970. Les emplois se sont déplacés, certains ont disparus, beaucoup sont apparus. Mais la comparaison semble s'arrêter là. En effet le nucléaire a ceci de spécifique qu'outre le fait qu'il a créé toute une catégorie d'emplois, ces emplois sont extrêmement qualifiés.

Prenons un autre exemple. Une nation qui aurait été en pointe dans la fabrication des réfrigérateurs, et qui se serait arrêtés d'en produire il y a 20 ans, n'aurait pas de mal à remonter des équipes, à retrouver les compétences et à relancer des chaînes de fabrication. Par contre la même nation qui aurait arrêté de fabriquer des semi-conducteurs serait définitivement dépassée. Nous sommes avec le nucléaire dans

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

le second exemple. Décider un moratoire sur le nucléaire revient de fait à disperser les équipes, ralentir les recherches, perdre les compétences. Dans 20 ans, lors de la nécessité de reprendre, il sera trop tard.

Je pense là particulièrement aux matériaux, à l'électronique de conduite, aux études physiques et chimiques nécessaires à toute la chaîne. On le voit c'est un enjeu extrêmement important pour un gouvernement et les industriels du secteur : comment s'organiser pour que lors du redémarrage de la construction des centrales, les acteurs puissent jouer leur rôle.

Il faut éviter de céder aux tentations de la mode. J'entends souvent : « mais comment, vous êtes des dinosaures, vous ne voyez pas que les emplois se créent dans la nouvelle économie ». Certes. Mais encore une fois, les salariés ne sont pas les uns en compétition avec les autres.

Enfin, le rapport pointe assez fermement un arrêt de La Hague en 2010, or 2010, si ce n'est pas demain, c'est après demain... Il y a là des choix d'hypothèses qui sont faits, il nous semble, sans prendre en compte tout l'aspect économique de la filière en terme d'emplois.

G.C. : *Le débat sur la sûreté et sa dimension « humaine », récurrent dans le nucléaire, a récemment repris avec les événements survenus à Dampierre. La question du maintien d'une culture de sûreté forte n'est pas posée comme enjeu dans le rapport. Celui-ci introduit pourtant des hypothèses contraignantes sur l'augmentation de la productivité ou sur le recul, le maintien, ou la croissance de l'industrie nucléaire. Pensezvous qu'il existe effectivement un risque à ce niveau dans les évolutions projetées dans ce rapport ?*

S.P. : Toute industrie comporte ses risques associés. Toute industrie productrice d'énergie présente donc des risques. Ce peut être des risques inhérents au mode de production (déchets, effets de serre, rupture de canalisation gaz) ou bien se situant plus en amont (exploitation de mines, construction). En plus de ces risques, le facteur humain ne peut être éliminé. Cela donne des catastrophes comme Bhopal, l'Érika, Tchernobyl. Certaines études montrent que si l'on ne diminue pas encore le facteur de risque du transport aérien, par exemple, il y aura un accident de type Concorde toutes les semaines dans le monde. Cela n'est pas acceptable.

De même l'industrie nucléaire comporte des risques, on l'a vu récemment avec l'incident extrêmement grave de Tokaï Mura. Et pour contrer ces risques, toute une culture de la sûreté a été mise en place. Augmenter le coefficient de production d'EDF par exemple, revient à espacer les procédures de révisions, les arrêts programmés. Cela est difficilement envisageable. Nous ne pensons pas qu'EDF soit en surcapacité. Le postulat selon lequel le coefficient de production serait trop faible nous semble erroné.

De plus dans une logique économique, les entreprises ont tendance à sous traiter. Et l'on sait bien que la sous-traitance, c'est de la perte de compétence. Non pas que les salariés des entreprises sous-traitantes ne soient pas qualifiés, mais simplement parce que les équipes se forment au gré des projets et disparaissent ensuite dans la nature. On l'a bien vu avec la tempête de 1999, ou ce sont les agents en inactivité d'EDF (les retraités) qui possédaient la compétence du réseau. EDF n'ayant plus besoin de ces compétences – puisque la construction du réseau était achevée – n'avait pas jugé bon de reconstituer les équipes.

On le voit, il est fondamental d'aborder le problème de la sûreté en toute transparence et en toute indépendance. À ce titre, il nous semble que la création de l'IRSN, qui remplace l'IPSN sortie du CEA, ne va pas dans le bon sens. Toute une culture de sûreté s'était développée grâce aux échanges permanents entres les équipes du CEA qui étaient « aux manettes » et les équipes de l'IPSN. En coupant ces passerelles, et même si l'on assure des possibilité de transfert entre les deux organismes, il y aura forcément une perte de ce savoir-faire au profit d'un savoir plus encyclopédique, plus livresque pourrait on dire.

Alors qu'il aurait été tout à fait possible de créer une agence de moyens, qui aurait « distri-

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

bué » les études aux équipes compétentes : IPSN pour le nucléaire, CNRS pour d'autres énergies... En tout état de cause il devrait y avoir un débat parlementaire, alors qu'en fait c'est un simple décret qui sera pris.

G.C. : *Les scénarios prospectifs proposés pour le parc nucléaire supposent un effort de R & D très important. On peut noter dans le rapport un manque d'imagination pour le développement de stratégies alternatives. Cela ne vous semble-t-il pas constituer un déséquilibre dans le champ des « choix » prospectifs possibles ? Vous semble-t-il souhaitable de poursuivre dans cette voie, ou au contraire ne devrait-on pas faire d'autres propositions d'images du futur ? À ce titre, comment qualifieriez-vous l'orientation prise récemment par le CEA ?*

S.P. : Encore une fois, il serait ridicule de défendre le principe du tout nucléaire, comme il serait ridicule de défendre le principe du tout éolien. Il y a réellement nécessité de faire intervenir toutes les énergies. Pour le nucléaire, le rapport brosse une image assez claire, avec des choix possibles, et la mise en position des acteurs de R & D pour fournir au gouvernement et donc à la société le moment venu la possibilité de choisir – EPR, RHR1, cycles au thorium, retraitement poussé.

Par contre, comme vous le signalez, le rapport n'aborde peut-être pas les autres scénarios possibles, et les recherches associées. Par exemple pour les piles à combustible dont on sait qu 'elles vont jouer un rôle majeur, il y a des recherches importantes à effectuer sur les problèmes de production d'H_2, de stockage... Pour le charbon, dont on sait que l'on ne pourra pas se passer lorsque le gaz sera épuisé, il y a également des recherches à mener.

Enfin la fusion ne doit pas être oubliée. Mais c'est un enjeu d'un autre niveau, à l'échelle d'un siècle. Pour autant, cette énergie donne lieu à des recherches, initiées depuis longtemps, et qui ont déjà produit des résultats. Il serait aberrant d'arrêter maintenant, car il n'existe pas d'offre alternative de situant au même niveau que la fusion – on n'est pas placé devant un choix entre deux solutions équivalentes, il n'en existe qu'une.

D'ici là, il est à peu près clair que le nucléaire est incontournable. Cela dit nous devrons avoir à notre disposition tout un éventail de possibilités de production d'énergie adaptées sans doute aux besoins qui vont naître. Le CEA, à l'heure actuelle donne une image beaucoup plus lisible de son fonctionnement. Il conforte la nécessité d'avoir une R & D sur le nucléaire, tout en s'ouvrant sur les nouvelles technologies et les technologies des énergies alternatives, piles à combustible notamment. Son budget total est de 20 milliards de francs, dont 5 milliards environ sont consacrés à l'électro-nucléaire.

Au-delà, il s'agit de définir les budgets en fonction des priorités de recherche pour le long terme. Il y a là, je le répète un réel enjeu, au minimum de coordination de la R & D, mais également d'accroissement du champ de la R & D en question. La première façon de libérer en partie les choix de ces contraintes serait d'augmenter le budget de la recherche : rappelons que la France se distingue par une part du budget de la R & D dans son PIB plus bas que la plupart des pays industrialisés, États-Unis et Japon en tête, ce pourcentage étant de plus régulièrement en baisse.

Il est également nécessaire que tous les acteurs prennent leurs responsabilités : les pouvoirs publics, au niveau français et européen, mais également les opérateurs, comme EDF ou COGEMA. Ceux-ci doivent prendre leur part, or ils le font de moins en moins à mesure qu'ils entrent de plus en plus dans une logique de marché. On risque de se retrouver dans une situation ou plus personne ne voudra mener les recherches sur le cycle du combustible et les déchets, ou sur la lutte contre l'effet de serre Le CEA, par sa structure, peut jouer un rôle, il nous semble. Mais aujourd'hui cette structure même le rend fragile, de par les contrats à court terme passés avec les industriels. (COGEMA, EDF...). Il est nécessaire de pérenniser ce budget afin d'éviter de le soumettre aux aléas des groupes industriels. Il faut pour cela engager des plans de R & D pluriannuels,

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

sur 5 ou 10 ans, avec les industriels. Le CEA a prouvé qu'il savait faire de la R & D appliquée dans le domaine nucléaire; il peut être un acteur majeur de la R & D hors nucléaire si on lui en donne les moyens. Et un rapport de 1997, de l'Académie des Sciences, sur ce thème[3] montre qu'il existe bien des domaines où l'on peut encore progresser.

Notes

Entretien avec Henri Catz

1 "*France et Europe de l'énergie : nouvelles attentes, nouveaux marchés*", 3èmes Rencontres parlementaires sur l'énergie, Paris, Assemblée nationale, 17 octobre 2000.
2 Rapport CFDT, Energie : enjeux et perspectives, décembre 1999
3 C'est-à-dire des taux de combustion équivalents, alors qu'aujourd'hui ceux de l'UOX sont presque 20 % plus élevés (44 GWj/t contre 37 GWj/t). Ceci permet une gestion simplifiée des réacteurs moxés, notamment au niveau des chargements et déchargements du combustible.
4 Au premier semestre 2000, le Kp moyen des parcs nucléaires des principaux pays était environ de 85 % aux États-Unis, 80 % en Allemagne ou au Japon, 72 % en Russie et 70 % en France en incluant le palier N4 (source CEA-Élecnuc).
5 Accident de criticité dans une usine de conversion au Japon, 31 septembre 1999.
6 Proposition n° 99 d'Yves Cochet dans son Rapport au Premier ministre, *Stratégie et moyens de développement de l'efficacité énergétique et des sources d'énergie renouvelables en France,* Septembre 2000.

Entretien avec Serge Perez

1 Le Monde, jeudi 12 octobre 2000.
2 ERM Energy, *Dilemna Study : Study of the Contribution of Nuclear Power to the Reduction of Carbon Dioxide Emissions from Electricity Generation,* Rapport pour la Commission des Communautés Européennes, DG XVII, Juillet 1999. Il y a actuellement environ 150 réacteurs en service en Europe de l'Ouest.
3 R. Dautray, M. Petit (Coords.), *La recherche scientifique et technique dans le domaine de l'énergie,* Rapport commun Académie des Sciences-CADAS n°8, Juin 1997.

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

Entretien avec

Benjamin Dessus

Benjamin Dessus est directeur du programme interdisciplinaire Ecodev du CNRS, et Président de Global Chance. Il est, avec Jean-Michel Charpin, Commissaire général au Plan, et René Pellat, Haut-Commissaire à l'énergie atomique, l'un des trois auteurs du Rapport au Premier ministre, Étude économique prospective de la filière électrique nucléaire, La Documentation française, Paris, septembre 2000.

Global Chance

Global Chance : Le rapport que vous avez remis au Premier ministre le 28 juillet dernier est le fruit du travail de trois auteurs très différents. Nous imaginons que des discussions et des réflexions approfondies ont présidé au choix de la méthode d'élaboration de ce rapport. Celui-ci rassemble pour la première fois un grand nombre de données à la fois techniques et économiques sur l'état actuel et les prolongements possibles de la filière nucléaire en France, l'intégralité du cycle étant prise en compte.

Tout d'abord, de par votre mandat, vous avez dû avoir accès à des informations fiables et nombreuses auprès des divers opérateurs que sont EDF, Framatome, COGEMA et des administrations comme le Secrétariat d'État à l'industrie. Cela ne constitue-t-il pas une rupture avec la culture traditionnelle du secret en matière d'information sur la filière nucléaire, qu'elle soit technique, économique, scientifique, ou touchant à la sécurité ?

Benjamin Dessus

Je ne suis pas sûr que nous ayons eu plus accès que d'autres, par exemple Christian Bataille et Robert Galley[1], à des données secrètes, ou que celles que nous avons recueillies soient plus fiables, mais je crois qu'en fait la question ne se pose pas vraiment comme cela. Évidemment on peut toujours suspecter que les chiffres donnés par les opérateurs sont délibérément faux, mais si l'on part sur de telles bases, autant s'arrêter tout de suite. Mais à mon avis le vrai problème est avant tout méthodologique. C'est la façon de mettre en ordre les données, de les inclure dans un système cohérent et complet en faisant en particulier la chasse aux omissions (qui sont souvent à la source des erreurs ou des imprécisions), qui compte le plus. Bien entendu cela ne nous a pas empêché de faire des recoupements des données fournies par nos partenaires français avec celles que nous trouvions dans la littérature internationale. Mais dans la plupart des cas, les différences mises à jour provenaient du fait qu'on ne parlait pas des mêmes choses...

G.C. : *Comment avez-vous décidé de la méthode d'exploitation des données disponibles ?*

B.D. : C'est un point important sur lequel je souhaite m'arrêter un instant dans la mesure où la méthode employée est probablement applicable à d'autres cas. Comme vous l'avez signalé en préambule, une des questions, en tout cas pour moi, était de trouver une méthode qui permette de dépasser les contradictions qui risquaient d'être soulevées entre les trois personnes chargées du dossier, lesquelles avaient à priori des opinions très divergentes sur les avenirs énergétiques les plus souhaitables. Un débat supplémentaire sur nos opinions ou un discours « langue de bois » n'aurait eu aucun intérêt. Nous avons évité cette impasse potentielle en décrivant une série de scénarios englobant ces visions très divergentes de l'avenir et en prenant soin simplement de leur cohé-

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

rence interne, mais sans jamais leur affecter une hiérarchie de probabilité. Mais ce n'est pas le seul intérêt de cette méthode de scénarisation. Elle avait aussi l'avantage de faire sortir de l'analyse marginale chère aux économistes qui consiste à ajouter un incrément à un système bien établi. Si l'on voulait, comme nous le demandait le Premier ministre, éclairer les décisions à partir d'une vision à un demi-siècle de distance (justifiée entre autres par l'inertie du système nucléaire) il fallait bien sortir du différentiel et s'attaquer au global, à la description de systèmes énergétiques différents et non plus seulement à des objets discrets et marginaux dans un système globalement figé.

G.C. : *Le rapport s'attache à présenter des bilans matière, tout d'abord, puis les structures de coûts associés. Ceci est vrai dans son premier chapitre où l'on traite du parc nucléaire français actuel et de ses avenirs possibles. C'est également le cas dans les chapitres 4 et 5, où des scénarios prospectifs de la demande et de l'offre d'électricité sont présentés. Il se dégage ici une volonté forte de présenter au plus près la réalité physique, en termes de flux et de bilans matière, associée aux différentes hypothèses. Seulement après sont décrites les structures de coûts, sans actualisation, puis actualisées dans le chapitre 5. Or, ce rapport est destiné avant tout à faire une étude économique de la filière nucléaire dans son ensemble. Pourquoi ce choix d'une présentation très complète des données physiques utilisées dans les scénarios ?*

B.D. : Je crois que là nous sommes au cœur de l'originalité de notre méthode d'approche. C'est peut-être l'intérêt d'avoir demandé une analyse économique à des experts qui ont une longue pratique de la physique (tout au moins pour deux d'entre eux). La démarche consiste à décrire la chronologie des gestes techniques à accomplir, des matières premières à se procurer, à transporter et à transformer, des déchets et émissions à prendre en compte, etc. L'intérêt de ce type de démarche est qu'il donne une vision pratique des choses et surtout qu'il évite le péché d'omission trop souvent commis dans le domaine du nucléaire. Deux exemples :

- C'est en faisant le bilan des matières nucléaires que nous avons pris conscience du fait que ce que les spécialistes appelaient les « déchets ultimes » étaient tout à fait autre chose que ce que l'on trouverait à la fin de vie du parc actuel : ce concept était lié à une hypothèse implicite de recyclage total et quasiment infini des matières valorisables dans les combustibles nucléaires, ne laissant dans les déchets vitrifiés que les produits de fission et les actinides mineurs. En fait, à la fin de l'existence du parc actuel, vers 2040 ou 2050 on a trouvé ces fameux « déchets ultimes », mais on a trouvé aussi le stock de combustible à l'oxyde d'uranium (UOX) irradié non-retraité et tout le combustible MOX irradié qui représentent plus de 90 % du contenu en déchets à très haute activité et longue durée de vie.

- C'est en décrivant les gestes techniques de l'entreposage des combustibles irradiés que nous avons pris conscience des différences majeures qu'il y avait entre le MOX irradié par exemple et l'UOX irradié puisque pour les refroidir avant leur stockage, dans le premier cas il est nécessaire de réaliser un entreposage de 150 ans alors que l'UOX peut être stocké au bout de 50 ans. Si on entrepose à partir de 2020, il faut s'organiser jusqu'en 2070 si c'est de l'UOX, mais jusqu'en 2170 si c'est du MOX. Vous conviendrez avec moi que cela pose des problèmes d'organisation et de mémoire collective bien différents dont l'analyse économique rend bien mal compte. Cette analyse économique nous dirait que si cela coûte un franc par an de stocker une unité de MOX ou d'UOX, le coût total actualisé pour un entreposage à partir de 2020 et jusqu'en 2070 d'une unité d'UOX serait, vu d'aujourd'hui, de 2,95 francs et pour une unité de MOX à entreposer jusqu'en 2170 de 3,01 francs. Autant dire que c'est pareil et pourtant cela recouvre des réalités techniques et organisationnelles tout à fait différentes.

C'est donc pour éviter que la représentation économique

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

rende le débat complètement abstrait que nous avons souhaité décrire de près les gestes techniques nécessaires à la réalisation des différents scénarios.

G.C. : *Quelles ont été les difficultés rencontrées dans le chiffrage des différents scénarios prospectifs sur une période de cinquante ans, où de nombreuses incertitudes scientifiques, techniques, subsistent ? Comment peut-on, dans un tel contexte, évaluer l'homogénéité de ce chiffrage, qui est essentielle pour permettre une comparaison entre les différents scénarios ?*

B.D. : C'est vrai qu'en évitant une discussion préalable et abstraite sur l'intérêt des différentes filières et en admettant de construire des scénarios contrastés on reporte la difficulté un peu plus loin. C'est l'homogénéité de l'analyse technique et économique des différents scénarios qui devient la nouvelle question clé. Au demeurant, on a l'avantage d'entrer dans une discussion argumentée par des chiffres, certes toujours contestables, mais affichés et qui peuvent par conséquent être modifiés. Il en est ainsi des performances ou des coûts des différentes installations qui peuvent faire l'objet d'appréciations diverses de la part de partenaires divers. Quant à nous, nous avons tenté d'apporter la vision la plus homogène possible de l'évolution technique et économique des différentes filières à partir des études produites par les groupes de travail que nous avions mis en place.

G.C. : *Les différents scénarios prospectifs d'offre d'électricité prennent en compte un aléa important pour la filière gaz, le prix du combustible. Pour ce qui concerne la filière nucléaire, une fois posée l'hypothèse de durée de vie moyenne des centrales nucléaires de 45 ans, et les différentes hypothèses sur le retraitement, il n'a pas semblé nécessaire de conditionner l'analyse par des aléas supplémentaires. Que peut-on en dire ?*

B.D. : À la réflexion, je pense que c'est une insuffisance de notre part. Ni pour le nucléaire ni pour le gaz nous n'avons envisagé d'aléas de nature technique. À défaut d'être pertinent cela restait homogène. Mais pour le gaz nous avons introduit un aléa fort, celui du coût du combustible (dans un rapport 1 à 2) à travers lequel on simule aussi bien en fait un aléa de coût du combustible qu'une série d'aléas techniques qui pourraient affecter la filière. Par contre dans le cas du nucléaire aucun aléa n'apparaît dans les bilans globaux, ce qui est probablement une erreur d'autant plus qu'un système aussi complexe que la filière nucléaire est probablement plus sensible aux conséquences d'un aléa qu'un système plus simple comme la filière gaz. La seule allusion dans le rapport à un aléa de ce type apparaît dans l'analyse que nous faisons d'une variation des coûts d'exploitation du nucléaire dans les différents scénarios. Mais c'est vrai que nous n'en avons pas vraiment tiré les conséquences économiques sur les coûts globaux des différents scénarios. C'est à mon sens une étude de sensibilité qu'il serait intéressant de faire.

G.C. : *Une des innovations majeures introduites dans ce rapport est le traitement parallèle qu'il propose entre la problématique de la lutte contre le changement climatique et la question des déchets nucléaires à vie longue. Dans les deux cas on traite le problème par une contrainte imposée à un volume, soit de déchets hautement radioactifs à vie longue, soit d'émissions de gaz à effet de serre, et on estime le coût associé à la réduction de ces volumes. Dans quelle mesure un tel parallèle est-il possible ?*

B.D. : Ce débat est nouveau, et la question est évidemment très controversée. En fait, derrière l'opinion de ceux qui contestent formellement cette approche « homogène » des précautions, on trouve l'idée qu'une fois convenablement traités et stockés les déchets ne présentent plus de danger pour l'humanité. C'est une opinion, mais elle ne fait pas, et de loin pas, l'unanimité dans l'opinion publique. Et sur ce point, je ne suis pas sûr que c'est en répétant qu'ils ont raison que les « savants » feront changer d'avis cette opinion publique. L'idée de la valorisation en

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

parallèle du CO_2 et des transuraniens, loin d'être comme le pensent certains une façon d'exprimer un anti-nucléarisme primaire, montre bien au contraire la volonté que nous avions de rendre les problèmes plus débattables.

Or, il y a une grande dissymétrie dans l'attitude de la communauté internationale vis-à-vis du problème des déchets nucléaires et des émissions de gaz à effet de serre. Pour les gaz à effet de serre dont les scientifiques nous disent qu'ils présentent potentiellement des dangers qu'on ne sait pas encore préciser (ni dans le temps ni dans l'espace) et devant l'incertitude qui règne encore quant à la validité des solutions de stockage du CO_2 dans le sous-sol ou l'océan, la communauté internationale, en attendant d'en savoir plus, décide d'en ralentir les émissions tout en poursuivant la recherche sur les solutions d'élimination du CO_2. Dans le cas des déchets nucléaires, dont tout le monde reconnaît la dangerosité, les scientifiques nous proposent une série de voies de recherche pour effectuer des stockages multi-millénaires et/ou pour réduire très significativement à la fois la toxicité et le volume de ces déchets. Mais les solutions définitives proposées en sont encore au stade de la recherche et provoquent un rejet important dans l'opinion publique.

Il paraît difficile de faire évoluer le débat dans ces conditions en ne proposant que de poursuivre la recherche, sans en même temps tenter de limiter la croissance de stocks de ces déchets au niveau national ou mondial. Accorder une valeur économique à la nonémission d'une tonne supplémentaire de tels déchets serait une façon, tant que l'on ne dispose pas d'un consensus suffisant sur le choix d'une solution acceptable, non seulement de lutter contre une croissance irréversible des stocks de déchets mais aussi de favoriser l'accélération du progrès technologique sur ces questions.

G.C. : *Dans son chapitre 3, le rapport traite longuement des perspectives technologiques pour l'usage et la production d'électricité. Cette analyse apparaît en retrait sur les questions de maîtrise de la demande de l'électricité, et sur les technologies utilisant les énergies renouvelables. Qu'en est-il aujourd'hui de la réflexion et de la R & D sur ces questions, alors qu'en France, un programme ambitieux de maîtrise de l'énergie[2] vient d'être annoncé par le Premier ministre, un autre devant suivre pour les énergies renouvelables[3], et qu'une directive sur les EnR est discutée au niveau européen ? On aimerait pouvoir faire la part des questions techniques et économiques sur ces sujets.*

B.D. : En ce qui concerne la maîtrise de l'électricité, on est devant une situation assez paradoxale. On connaît bien, à travers de très nombreux exemples quotidiens, les économies très importantes que des appareils déjà présents sur le marché (lampes économes, réfrigérateurs performants, écrans plats de télévision, etc.) peuvent apporter s'ils sont adoptés par les ménages. Mais on a du mal à passer de cette description analytique, appareil par appareil, à une économie globale d'électricité au niveau national. Aujourd'hui par exemple, les spécialistes nous disent qu'avec les appareils domestiques les plus performants déjà existants sur le marché ou en passe de l'être, on passerait d'une consommation annuelle des ménages (hors chauffage) de 3 000 kWh à 700 kWh, soit 4 fois moins ! La marge est donc énorme et le problème est plutôt de savoir sous quelle impulsion les ménages ont des raisons d'adopter ces technologies plus efficaces, alors que la consommation d'électricité de chacun de jeurs appareils leur reste généralement pratiquement inconnue. Le potentiel de maîtrise de l'électricité en France est donc à la fois important, très diffus et en grande partie rentable (les économies d'électricité remboursent souvent très rapidement le surcoût initial des appareils, quand il y en a un). Mais il faut bien reconnaître que dans l'ambiance créée par la surcapacité chronique de production électrique que la France connaît depuis 20 ans, les différents programmes de maîtrise de l'énergie engagés au rythme des crises pétrolières ont soigneusement évité de s'attaquer sérieusement à la maîtrise des usages de l'élec-

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

tricité. On s'aperçoit aujourd'hui qu'il faut corriger le tir, tant mieux, mais tout ou presque reste à faire !

Pour décrire la situation nouvelle qu'engendrerait un programme de maîtrise de l'électricité, nous avons choisi de nous référer à des scénarios existants, les scénarios du rapport Énergie 2010–2020 du Plan[4] pour 2020, et la traduction française des scénarios de l'IIASA[5] pour 2050. On travaille ainsi sur deux scénarios, un « haute demande de l'électricité » et un « basse demande d'électricité ». Bien évidemment certains nous ont dit que les « hauts » n'étaient pas assez hauts et les « bas » pas assez bas. Mais là n'est peut-être pas le problème. Ce qui me paraît plus intéressant dans notre étude, c'est de constater que les scénarios bas sont économiquement rentables à la fois pour la collectivité nationale (15 milliards d'économies par an) et pour le client final (un kWh moins cher).

Pour ce qui est des renouvelables, la référence aux exercices du Plan que nous avons adoptée conduit à une pénétration significative mais encore modeste de l'électricité renouvelable (hydraulique, éolien, solaire et biomasse essentiellement) dans le bilan de production français en 2020 et 2050. Entre temps sont apparus d'une part la directive européenne (qui fixe un objectif de 20 % d'électricité renouvelable en 2010) et le rapport Cochet[6], qui présentent des objectifs plus ambitieux à la fois pour la maîtrise de l'électricité et les renouvelables[7]. Il serait évidemment intéressant d'envisager de nouveaux scénarios tenant compte de cette nouvelle donne.

Mais dans un premier temps, il me paraît de toute façon important d'avoir centré notre étude sur une comparaison haute-basse demande et sur un choix gaz-nucléaire, ne serait-ce que parce qu'il faudra du temps pour que l'électricité renouvelable devienne prépondérante dans le bilan national. Rien n'empêche dans un second temps d'introduire dans le modèle que nous avons développé une variante comportant plus d'électricité renouvelable et de la soumettre aux mêmes critères de jugement que les autres scénarios.

G.C. : *Avant la production du rapport, le débat sur l'avenir du nucléaire était fortement concentré sur les futurs outils de production comme l'EPR[8]. Après lecture de celui-ci, il semble que l'EPR, qui est une version évolutionnaire des réacteurs REP, n'est clairement pas le type de réacteur qui permettra de modifier significativement le volume et la nature des déchets produits dans l'aval du cycle ? Quelles conséquences peut-on en tirer ?*

B.D. : Si l'on pense, comme les trois auteurs de ce rapport, que l'avenir éventuel du nucléaire est suspendu en France au problème des déchets, il est bien évident que l'EPR n'apporte pas grand-chose dans ce domaine par rapport aux REP actuels. D'autre part, et c'est une des conclusions majeures du rapport, dans aucun des scénarios envisagés, il n'est nécessaire pour les besoins français de construire de nouveaux moyens de production (nucléaire ou pas) avant 2025 ou 2035 selon l'évolution de la demande. On est donc avec l'EPR devant une mauvaise solution à un problème qui ne se pose pas dans les 15 ou 20 ans qui viennent. Et de plus notre étude montre qu'il y a des solutions potentielles bien plus performantes du point de vue des déchets (je pense par exemple aux réacteurs haute température) dont les spécialistes nous disent qu'ils pourraient être mis en place à l'horizon du renouvellement des centrales.

Bien entendu ce raisonnement n'est vrai que dans l'hypothèse d'une durée de vie suffisante du parc actuel, 40 ou 45 ans, chiffres sur lesquels la majorité des experts semble aujourd'hui d'accord. Évidemment, si la durée de vie se révélait beaucoup plus courte, disons 30 ans, soit pour des raisons techniques, soit à la suite d'une décision politique analogue à celle des Allemands, la question se pose-rait du remplacement des tranches condamnées, mais alors dans des conditions nettement plus défavorables au nucléaire...

En fait depuis quelques années, s'est répandue l'idée que les centrales vont pouvoir durer nettement plus longtemps que prévu, 10 ou 20 ans supplémentaires. Cela change complètement la donne en nous

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

laissant beaucoup plus de temps pour choisir les meilleures solutions aussi bien en termes de maîtrise qu'en termes de production d'électricité.

G.C. : *Le mandat de ce rapport comprenait notamment de restreindre l'analyse au cas de la France. Ceci limite sensiblement l'exercice de prospective réalisé, dans le contexte d'ouverture du marché de l'électricité en Europe. Quelles peuvent être les raisons de ces limitations ? Envisage-t-on de prolonger cette étude dans un contexte européen ?*

B.D. : C'est exact, la limitation à la France est une vraie limitation de l'exercice au moment d'une « européanisation » du marché de l'électricité. Nous le signalons d'ailleurs d'entrée dans l'introduction de notre rapport. Mais la commande du Premier ministre était claire. De toute façon il eut été probablement trop ambitieux, à nous trois, de dresser des scénarios énergétiques et électriques pour l'ensemble de l'Europe sans l'envisager dans une collaboration étroite avec les partenaires mêmes de cette Europe. Alors, évidemment certains nous disent que cela limite très fortement la portée de notre étude. Assez curieusement ce sont presque toujours les mêmes qui nous reprochent de ne pas avoir pris en compte l'indépendance énergétique de la France dans nos critères de jugement ! Alors... Et puis, la variété des scénarios que nous proposons permet d'imaginer l'insertion du système français dans des systèmes européens assez divers.

G.C. : *Avez-vous l'impression que les trois auteurs de ce rapport ont modifié leur point de vue sur certaines questions liées à la filière nucléaire, au vu des résultats fournis par l'étude ?*

B.D. : Pour ce qui me concerne c'est oui, sur une série de questions : sur le problème du retraitement et des déchets, sur le problème de la structure des coûts du nucléaire entre investissement, coûts de fonctionnement et coûts de fin de cycle. Cela a aussi renforcé ma conviction de la nécessité d'un débat ouvert sur cette question puisque la sacro-sainte économie ne suffit pas à départager les candidats.

Plus difficile de répondre pour mes deux collègues. Je pense que la confrontation des idées avec René Pellat a permis de faire émerger plus clairement des nouvelles idées ou plutôt des arguments nouveaux pour le débat sur les avantages et les inconvénients des nouvelles filières nucléaires. Je pense d'autre part que nous sommes tous trois parvenus à un vrai consensus sur l'intérêt majeur d'un programme ambitieux de maîtrise de l'électricité. Je pense aussi que l'accord final qui s'est instauré entre nous sur la façon de prendre en compte les externalités CO_2 et déchets est très positif alors que nous étions partis de positions très différentes. Au-delà j'ai plus de mal à répondre, en particulier pour Jean-Michel Charpin, dont je ne connaissais pas l'opinion sur le nucléaire avant de commencer l'étude et dont je ne connais toujours pas l'opinion sur cette question après un an de travail en commun...

G.C. : *Votre rapport final est dense, difficile à aborder, et s'abstient de toute recommandation qui faciliterait sa lecture. Trois mois après sa remise au Premier ministre, pensezvous que les médias, et au-delà les principaux acteurs du débat (administrations, industriels, partis politiques, associations...) ont su comprendre votre travail ? Selon vous, le rapport a-t-il trouvé sa place dans le débat public et contribué à faire progresser celuici ?*

B.D. : C'est une question à plusieurs facettes. Tout d'abord vous savez que le Premier ministre nous a reçus l'aprèsmidi des grands départs en vacances, le 28 juillet, ce qui n'était évidemment pas très favorable à la présence, au cours de la conférence de presse qui a suivi, de nombreux journalistes connaissant déjà bien le domaine. Et c'est vrai aussi qu'il n'est pas très facile d'entrer dans ce rapport, non seulement parce qu'il est dense, mais peut être plus encore parce que la composition de notre groupe interdisait pratiquement, au delà du langage des chiffres, de porter des appréciations sur les résultats trouvés. En général le lecteur pressé commence par la conclusion générale ou celle des principaux chapitres et ne consulte les tableaux de chiffres que dans un second temps

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

pour préciser son opinion. Là, pour se forger une opinion, il faut entrer dans la logique du rapport, analyser les tableaux, rapprocher des éléments. Je reconnais volontiers que, sans le fil directeur de conclusions ou de recommandations, il est difficile de se faire une idée synthétique de l'étude présentée, d'autant que la méthode d'analyse elle-même n'est pas habituelle. C'est pourquoi nous avons jugé utile, à la rentrée, d'organiser au CNRS, à l'intention de la presse spécialisée et de ceux des journalistes qui n'avaient pu être présents à la conférence de presse initiale, un séminaire de travail où nous avons eu tout le loisir d'analyser la méthode de travail et ses limites et de faire ressortir les faits les plus saillants de notre étude.

Plus étonnante est la lecture qu'en ont fait, le jour même ou le lendemain, des groupes politiques, des ministères ou des opérateurs du secteur qui ont publié instantanément des communiqués de presse sur notre rapport. À titre d'exemple celui des Verts, celui du Ministère de l'industrie, ou celui du CEA[9]. Ce qui frappe le coauteur que je suis à la lecture de ces communiqués, c'est l'impression (d'ailleurs confirmée pour l'un d'entre eux) que l'auteur du communiqué, louangeur ou vindicatif, n'a pas lu le rapport mais en utilise la parution pour confirmer la thèse qu'il défend, sans se poser de questions sur la contradiction éventuelle de ses propos avec les chiffres et les résultats contenus dans le rapport lui-même. Sentiment désagréable donc d'un retour à la case départ, d'une fermeture prématurée du débat, du discours langue de bois, alors qu'il me semblait que ce rapport, quelles que soient les conclusions que tout un chacun peut en tirer pour l'action, remettait en cause quelques idées reçues et apportait des éléments factuels nouveaux au débat.

J'ai d'ailleurs eu la même impression il y a peu au colloque organisé par Michel Destot à l'Assemblée nationale[10], où j'ai participé à une table ronde sur « Europe et électricité ». Après le rapide résumé du rapport que j'ai présenté, chaque orateur ou presque, après avoir pris soin de rendre hommage à l'objectivité de ce rapport a repris son discours habituel sans souci apparent des contradictions avec les propos précédents. Un exemple : je venais d'expliquer notre surprise en constatant que du point de vue des déchets le retraitement n'était pas très efficace puisque les diverses stratégies se traduisaient par des différences de stocks de transuraniens dans les déchets inférieures à 20 % en 2050. L'oratrice suivante n'en a pas moins affirmé que le retraitement permettait de diviser les volumes de déchets par 5 voire par 10. Manifestement il y avait un problème, ou bien on ne parle pas de la même chose, on bien l'un des deux s'est trompé. Peut-on poursuivre longtemps cette double affirmation ? Je n'ai pas eu l'impression que cette question ait le moins du monde troublé l'animateur, ni la salle et que personne ne voulait vraiment mettre à plat la question. Dans une autre enceinte quelques jours plus tôt, à la SFEN[11], aux mêmes propos une autre réponse : mais oui on l'a toujours su, vous enfoncez une porte ouverte, mon bon monsieur. Mais alors pourquoi cela nous restait-il caché ? Là, je n'ai pas eu de réponse à cette dernière question.

Tout ceci montre la difficulté d'un débat tant soit peu transparent sur la question du nucléaire en France aujourd'hui. Cela dit, quand on a le temps, comme nous l'avons eu dans plusieurs enceintes, d'exposer la méthode et les principaux résultats de notre travail, alors se déclenche un vrai débat sur des bases factuelles communes qui permet de progresser.

Alors ne soyons pas trop pessimiste. D'autant qu'il y a même des ministres dont les collaborateurs semblent avoir lu le rapport ! C'est le cas semble-t-il au Ministère de l'environnement si j'en juge par le discours de Madame Voynet à cette même journée parlementaire : on y trouve en effet mention de plusieurs des points que soulève ce rapport, en particulier sur le problème du retraitement, même si les conclusions qu'elle en tire n'engagent bien entendu que la Ministre.

Notes : voir page 92

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

Entretien avec

Alain Lipietz

Alain Lipietz est député européen

Global Chance

Le rapport Charpin-Dessus-Pellat dresse la prospective de la filière nucléaire en France pour la première moitié du siècle prochain. Que peut-on dire de ce choix hexagonal, dans le contexte de l'ouverture du marché de l'électricité en Europe, et plus généralement des différents chantiers européens en cours dans le domaine de l'énergie (projet de directive sur les énergies renouvelables). Pourrait-on envisager aujourd'hui d'étendre l'exercice effectué à l'échelle européenne ?

Alain Lipietz

Le problème est encore plus compliqué. Le rapport ne fait pas vraiment de « l'économie de l'énergie », il fait de la comptabilité économique (et matière) de l'énergie. S'il faisait de l'économie, il devrait se poser la question : « Quelles techniques seront sélectionnées par une situation de concurrence ? » Il va y avoir des phénomènes d'écrémage, une spécialisation de chaque producteur d'électricité dans ce qui favorise le mieux les rentes de situation qu'il a déjà. Par exemple, dès que vous mettez des entreprises en concurrence sur le marché de l'électricité, EDF va avoir tendance à rentabiliser ses centrales nucléaires, à se spécialiser dans le courant de base, et, au contraire, des compétiteurs disposant de centrales à gaz vont, eux, se spécialiser dans la demande fluctuante des petites entreprises ou des ménages. Le rapport n'en tient aucun compte, il fait comme s'il n'y avait a priori qu'une seule entreprise, qui doit arbitrer entre plusieurs techniques à l'intérieur d'une comptabilité unique.

Alors évidemment, l'Europe force la compétition, avec ses règles d'ouverture du marché. Un marché unique européen sans règle ne ferait qu'aggraver la situation : le marché amènera les entreprises à brader en quelque sorte leur courant et à ne pas intégrer dans leurs coûts le démantèlement des centrales nucléaires, et cela ne fera que renforcer la tendance de l'EDF à ne pas provisionner les coûts de démantèlement, l'assurance-risque en cas d'accident nucléaire grave, etc.

Face à ce défaut du marché, qui ne prend pas en compte les coûts à long terme ou les risques majeurs, le politique peut obliger à intégrer ces coûts. Mais il faut bien se rendre compte que la politique à l'échelle européenne, compte tenu de l'opinion publique de nos partenaires, sera infiniment plus antinucléaire qu'en France. Nous venons de voter au Parlement européen une résolution sur l'effet de serre qui proscrit la substitution de centrales nucléaires aux centrales thermiques. De même, la réglementation européenne sera certainement plus favorable aux énergies renouvelables.

Naturellement, en tant que membre de la Commission économique et monétaire du Parlement européen, je ne manque pas une occasion de souligner l'urgence d'un calcul économique (et également matière) dans la perspective des négociations sur l'effet de serre. De ce point de vue, je pense en effet que l'extraordinaire

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

exercice réalisé par l'équipe Charpin-Pellat-Dessus doit absolument être refait à l'échelle européenne, et j'ai déjà proposé plusieurs fois au Parlement – en vain, je dois le dire – de lancer une étude du même genre. Mais je ne désespère pas : à mesure qu'on s'approchera de la date fatidique de 2008 (où l'engagement de Kyoto deviendra contraignant), on sera obligé de procéder à ce genre de calculs. Il ne faudra pas se contenter des deux options approfondies par le rapport – le gaz ou l'énergie nucléaire – mais il faudra particulièrement étudier l'option principale, c'est-à-dire l'option des économies d'énergie, et il faut bien dire que ces économies d'énergie elles-mêmes ont un coût. Il faudra prévoir d'énormes investissements en isolation résidentielle, en trains, en transports en commun, etc.

G. C. : *Quel est votre sentiment sur la façon dont les différents acteurs ont pu exploiter ce rapport depuis sa sortie ? Alors que ce rapport peut être considéré comme la marque d'un progrès dans le débat sur le nucléaire en France – et ce du fait de la mission conduite par trois personnes différentes, dont une nommée de façon indépendante par le ministère de l'environnement ? Plutôt que de disqualifier le rapport, les Verts n'auraient-ils pas pu saisir ici l'occasion d'adopter une attitude plus constructive, afin de rompre avec leur image d'anti-nucléaires radicaux ?*

A.L. : Vous faites certainement allusion au communiqué du 31 juillet 2000 de Maryse Arditi, porte-parole des Verts et par ailleurs présidente de l'INERIS, qui a lancé une condamnation sans nuance du rapport sous le titre : « L'avenir dans le rétroviseur ». Cette réaction immédiate de Maryse Arditi tient à de multiples facteurs. D'une part sa fonction de présidente de l'INERIS : son problème est d'abord celui des risques, et les risques nucléaires sont explicitement écartés dans tous les calculs de ce rapport. D'autre part, je crois que le problème principal vient des dernières pages du rapport – et les journalistes, bien aiguillés par d'autres acteurs, c'est-à-dire les représentants de l'industrie nucléaire, ont privilégié cette vision. Que nous disent-elles ? Que, si l'on intègre les coûts environnementaux – effet de serre et coût des déchets – le scénarios H3 (pas d'économie d'énergie et très nucléarisé) est plus « écolo » que le scénario typique des écologistes – le B4–30, à basse consommation d'énergie et où l'on sort du nucléaire au bout de 30 ans d'usage des centrales. Ce résultat est stupéfiant : c'est évidemment celui qu'ont retenu les journalistes et c'est à cela qu'a répondu Maryse Arditi.
Mais dès le lendemain, elle envoyait un autre communiqué soulignant un des résultats positifs majeurs de ce rapport, c'est-à-dire qu'il condamnait sans appel, et sans aucun biais méthodologique, l'option du retraitement. Il établit clairement que le retraitement, pour un surcoût de 5 %, ne permet qu'une baisse du volume des déchets de 10 %, ce qui représente 5 % en surface; ça ne vaut vraiment pas le coup.

Donc, après cette première manche remportée par le lobby pro-nucléaire dans l'exploitation médiatique du rapport, très vite Maryse Arditi elle-même et l'ensemble des Verts se sont ressaisis, ils ont lu le rapport de façon plus attentive et en ont bien mesuré la richesse.

Il faut prendre ce rapport comme une première tentative (enfin !) de ce que serait un débat public organisé, sur la question de l'énergie en France. Il y avait eu le déjà remarquable rapport du Plan Energie 2020. Là, on a une prospective à 2050, ce qui est très important car le choix des futures filières doit être effectivement orienté par une prospective sur la consommation à 2050. C'est un exercice extrêmement difficile, mais ce qui est extraordinaire, c'est que le Commissaire au Plan, responsable en quelque sorte de la coordination des différentes composantes de la société française, le Haut Commissaire à l'énergie atomique, représentant de l'industrie nucléaire, et l'un des plus talentueux représentants d'une vision écologiste sur l'énergie, ont réussi à se mettre d'accord sur un ensemble d'évaluations, qui peuvent encore être contestées, mais au moins, là où il y a accord, c'est décisif : sur la nécessité d'arrêter immédiatement le retraitement et le MOX, etc., on pouvait difficilement

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

espérer meilleure nouvelle sur le front du nucléaire !

Donc les Verts ont intérêt au développement de ce type de travail, qui permet enfin de sortir de l'image dogmatiquement catastrophique des écologistes, en même temps qu'il contredit les positions nucléaro-béates des élites françaises.

G.C. : *Le rapport explore notamment la question de l'avenir du nucléaire à partir d'une prospective technologique guidée par le besoin de mieux maîtriser le problème des déchets. Il montre par ailleurs que rien ne presse pour renouveler le parc actuel, ce qui laisse davantage de temps pour travailler à la conception d'un nucléaire répondant mieux aux exigences économiques et environnementales. À quelles conditions le nucléaire pourrait-il être acceptable par les Verts ?*

A.L. : On pourrait poser la question de la façon suivante : « Qu'est-ce que vous diriez si on vous annonçait que la fusion froide, ça marche ? » C'est-à-dire qu'une source d'énergie vient d'être découverte, sans déchets, sans aucun risque, facile à mettre en œuvre, y compris dans le Tiers Monde, et pratiquement gratuite. Vous aurez deux attitudes chez les écologistes. Une attitude en quelque sorte « technico-économique », qui est plutôt la mienne, dira : « Ouf, nous voilà déchargés d'un grand poids, l'humanité peut améliorer son niveau de confort pour tous, sans compromettre la survie de la planète et sans nuire aux générations futures. » Et une autre attitude, que j'appellerai idéologico-culturelle, ronchonnera : « Tout cela va renforcer l'idée que le productivisme en encore de beaux jours devant lui : on peut continuer, l'énergie sera gratuite, etc. » Je crois que les deux attitudes sont totalement légitimes pour les écologistes. Je dirai même que la seconde est absolument nécessaire, parce qu'elle a raison sur le fond. De l'énergie bon marché et sans risque n'enlève absolument rien à la critique du productivisme : risques chimiques, montagnes de déchets, individualisation de la société, etc.

Cela dit, d'un point de vue politique, il est indéfendable de ne pas se réjouir d'une découverte qui réduit les risques et qui réduit les coûts. Si on m'annonce demain une technologie propre et sure de type nucléaire (libération de l'énergie du noyau atomique), je dis « bravo, j'achète ! » Le problème, c'est que le rapport n'annonce rien de tel. Il nous dit : vous allez avoir, après l'EPR et avant 2050, deux nouvelles générations de centrales à plus bas coût et avec moins de déchets – peutêtre. De toutes façons, il restera des coûts et des déchets. Resteront les deux autres problèmes que pose le nucléaire, à part les déchets : le risque d'explosion nucléaire (Tchernobyl : vous imaginez ce que les habitants d'Ukraine et de Biélorussie peuvent penser du risque d'effet de serre !) et le risque de dissémination. Je ne pense pas seulement à des Etats faisant des bombes atomiques à partir des résidus du nucléaire civil, je pense également à des terroristes se contentant de disséminer avec une bombe artisanale des déchets radioactifs dans l'atmosphère d'une ville. Ces deux risques ne sont absolument pas pris en compte par le rapport. Pour ma part, parce que c'est cher et parce que c'est dangereux, je reste vigoureusement favorable à la sortie la plus rapide possible du nucléaire.

G.C. : *Le rapport s'attache à présenter des bilans de matière, tout d'abord, puis les structures de coûts associés, que ce soit dans son premier chapitre où l'on traite du parc nucléaire français actuel et de ses avenirs possibles, en fonction, d'une part, de la durée de vie des centrales, et d'autre part, des différentes stratégies envisagées pour l'aval du cycle et donc le traitement des déchets, ou dans les chapitres 4 et 5, où des scénarios prospectifs de la demande et de l'offre d'électricité sont présentés. Il se dégage ici une volonté forte de présenter au plus prés la réalité physique, en terme de flux et de bilans de matière, associée aux différentes hypothèses. Seulement après sont décrites les structures de coûts, sans actualisation, puis actualisées dans le chapitre 5. Or, ce rapport est destiné avant tout à faire une étude économique de la filière nucléaire dans son ensemble. Quel commentaire souhaiteriez-vous faire de la méthodologie adoptée ?*

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

A.L. : Je félicite chaleureusement les auteurs pour leur méthodologie partant des flux matière. Au XXIe siècle, on aura des « prix politiques », c'est-à-dire que les prix reflèteront de plus en plus le poids des conditions géopolitiques, écologiques et sociales, telles qu'elles seront cristallisées dans des règles, dans des lois, dans des accords internationaux. Le prix de la force de travail dépend déjà de la législation sociale, de la même façon le prix de l'usage des ressources naturelles dépendra de plus en plus des réglementations et des mécanismes associés à la défense de l'environnement, que ce soient les écotaxes, ou les quotas commercialisables, etc. Donc la prospective sur les prix à 50 ans est extrêmement difficile à faire. Exemple : le traitement du prix du gaz dans le rapport. Tout aussi hasardeuse est la prospective sur le prix du déchet, qui dépendra essentiellement de la mobilisation sociale et des réglementations internationales, en particulier européennes, sur l'élimination des déchets.

Donc il est prudent de donner d'abord le tableau en termes physiques, surtout quand on ne s'intéresse qu'à une branche particulière – la production d'électricité – et quand le choix qu'on envisage en matière de techniques est assez limité. Il est alors normal pour un économiste de commencer par la matrice entrées-sorties de ces techniques, et après on met les prix dessus.

G.C. : *L'une des innovations principales du rapport est l'introduction de l'idée de précaution parallèle entre deux problèmes d'environnement global : les émissions de carbone et les déchets hautement radioactifs à vie longue. Il aboutit à la valorisation de l'externalité "tonne de plutonium à stocker", avec un coût de la tonne évitée basé sur la comparaison des bilans matière et économique de scénarios avec ou sans retraitement et réutilisation du plutonium. Que pensez-vous de cette approche ? Pensez-vous que le critère retenu par l'étude soit le plus pertinent pour comparer les stratégies d'aval du cycle en termes d'impact global ?*

A.L. : D'abord il faut féliciter les auteurs d'avoir tenté l'exercice consistant à symétriser le problème de l'effet de serre et le problème des déchets nucléaires. Sur le principe, c'est excellent. Pour autant, la méthodologie choisie est éminemment contestable, et c'est par cette brèche que s'est engouffrée, dès le jour de la présentation à la presse, l'offensive médiatique des pronucléaires. En effet, la façon dont est traité le problème du coût des déchets est extrêmement biaisée. Sur deux points et demi.

Le premier point est celui de l'actualisation : on fait les calculs avec ou sans actualisation, mais, dans tous les cas de figure, on s'arrête à 2050, on estime qu'au-delà de 2050, le déchet ne nous coûte plus rien. C'est absolument impossible.

Pour une usine à construire dans les 10 ans et qui aura fini sa course en 2050, on comprend qu'un quinquagénaire en situation de prendre des décisions fait ses choix par un calcul d'actualisation et l'arête à 2050, parce qu'à l'horizon de 50 ans, il sera mort. Le problème, c'est que le même quinqua a déjà, lui trottant entre les pattes, ses petits enfants, et ces petits enfants nés aux environs de l'an 2000, eux, seront les quinquas décisionnels en 2050. En 2050, ces gens que nous connaissons, qui sont nos petits enfants, que nous aimons déjà, se retrouveront avec nos déchets, qui auront pour eux un coût énorme. C'est absolument inacceptable, et d'ailleurs non conforme à la tradition de l'Etat. L'Etat travaille sur 4 ou 5 générations, les ministres de Louis XIV plantaient de grandes forêts pour que ses arrière-petits-enfants aient encore de quoi construire une marine de guerre. L'Etat doit considérer qu'il est responsable pour les générations futures et peut très difficilement admettre un calcul d'actualisation. Bien évidemment, l'Etat fait de l'actualisation pour des projets qui n'auront pas des effets de très long terme, au-delà de 50 ans. Pour le nucléaire, où l'on sait que le problème fondamental c'est justement les effets au-delà de 50 ans, l'Etat ne peut pas travailler ainsi.

Le deuxième biais fondamental de l'exercice est d'avoir assimilé, pour le gaz comme pour le nucléaire, le coût environnemental au coût d'élimination du déchet. Le coût environne-

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

mental, c'est le coût des dégâts que l'existence des déchets entraîne pour le société. Il faudrait pouvoir calculer quel sera le coût des maladies ou des catastrophes provoquées par l'existence des déchets, quel est le risque probabilisé d'accident provoqué par ces déchets, ou d'attentat provoqué par un mésusage de ces déchets, ce serait cela la vraie méthode. Assez souvent, on fait une « hypothèse d'équilibre », en disant que cela revient au même de calculer combien il en coûte d'éliminer les déchets. Dans le rapport, c'est ce qu'on fait pour les déchets du gaz (le CO_2), mais dans le cas du déchet nucléaire, on procède autrement : en se demandant seulement quel est le prix actuellement concédé pour le retraitement de ces déchets. Ce qui revient à assimiler le coût des déchets, l'effet externe des déchets nucléaires sur la société, au coût que l'on est prêt à payer aujourd'hui pour éliminer le seul plutonium et les actinides par les techniques actuelles de recyclage et de moxage. Or après recyclage et moxage, il reste des déchets ! Un demi biais reste très caché, et pourtant il contribue largement à ce qui a provoqué la colère de Maryse Arditi, puisqu'il aggrave l'impression que le scénario le plus écologiste, le fameux B4-30 (sortie rapide du nucléaire et forte économie d'énergie) apparaît comme finalement moins écologiste que les scénarios très nucléarisés. Ce paradoxe est engendré par le point suivant : la définition du scénario B est : « à basse consommation d'énergie », pas « à faible consommation d'électricité ». Au contraire, ce scénario prévoit le transfert de la route vers le rail, et donc : plus d'électricité (ce qui devrait réconcilier les écolos et la Cgt-Edf !). Le chapitre 4 du rapport précise que le scénario H, quoique consommant 44 % de plus d'énergie que le scénario B, ne consomme que 35 % de plus d'électricité. Autrement dit : peut-être que le scénario B4-30 produit plus de gaz à effet de serre qu'un scénario H dans la production d'électricité, mais en même temps, par cette production d'électricité, il élimine une grande partie de l'effet de serre dans les autres branches : dans les transports, le résidentiel, etc.

G.C. : *Le rapport est bâti sur l'hypothèse principale d'un allongement de la durée de vie des centrales nucléaires (avec une durée de vie moyenne de 45 ans dans certains scénarios), fondée sur l'intérêt économique de cette prolongation qui paraît techniquement possible. Un scénario alternatif envisage une durée de vie limitée à 30 ans pour les réacteurs du parc actuel : alors que cette durée de vie a longtemps constitué la limite admise par l'industrie, ce scénario est présenté comme celui d'une sortie volontaire du nucléaire. Or, celui-ci conduit à de mauvais résultats économiques. Que pouvez-vous dire à a ce sujet, dans le contexte où l'objectif des Verts est une sortie rapide du nucléaire ?*

A.L. : Je crois d'abord que le premier résultat économique que nous donne le rapport, c'est l'importance, moindre que ce que l'on pensait, des coûts fixes dans le nucléaire. En fait, on s'aperçoit que les coûts de fonctionnement représentent 40 % du prix du nucléaire actuel. Cela veut dire que si l'on pousse la durée de vie des centrales de 40 à 45 ans, on ne gagne pas grand chose. Mais tout de même, 45 ans au lieu de 30, cela fait de sérieuses économies sur le coût d'investissement. C'est ce qui se reflète dans le coût, relativement élevé parmi les scénario B, du « scénario des Verts », le scénario B4-30. Il faut bien voir que ce surcoût est celui qu'on se propose de payer pour sortir quand même assez rapidement du nucléaire : on s'en tient à la durée de vie programmée des centrales, et puis on en reste là, on n'en reconstruit pas après.

Je signale que c'est déjà, de notre part, un très gros compromis. Les Verts, tant qu'ils n'étaient pas aux portes du pouvoir, disaient : « Sortie immédiate du nucléaire, c'est-à-dire : on arrête les centrales, qu'elles soient toutes neuves ou qu'elles soient déjà passablement amorties. A présent, nous sommes obligés d'arbitrer entre ce qui est politiquement réalisable, dans l'état actuel de l'opinion, et ce que nous pensons nous nécessaire, dans notre conviction intime. Quel est l'argument fonda-

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

mental, d'un point de vue écologiste, sur la durée de vie d'une centrale ? Ce n'est pas l'argument économique, ce n'est pas l'argument des déchets (ils sont là pour la même durée, qu'on arrête la centrale au bout de 30 ans ou au bout de 45 ans). La question, c'est : pendant combien de temps reste-t-on encore exposés au risque d'accident majeur ? Ce risque n'est pas nul, la preuve c'est qu'il y a eu Tchernobyl, ce risque a une espérance mathématique énorme, c'est-à-dire que sa faible probabilité est « compensée » par son coût colossal, ce risque, on ne peut le diminuer que d'une seule façon, en arrêtant le plus vite possible les centrales. Ce serait possible si les gens nous écoutaient, s'ils étaient prêts à faire les efforts en termes d'investissements dans les économies d'énergie, de changements dans nos habitudes de consommation qu'implique l'arrêt immédiat du nucléaire. On n'en est pas là, alors nous disons : « Bon, on les laisse finir leurs 30 ans (dans les 10–15 prochaines années), elles ont tenu jusqu'ici, il est peu probable qu'elles explosent maintenant, ce sont des centrales que nous connaissons bien, mais on s'en tient à 30 ans ». Dire qu'on pousse à 40 ans, voire 45 ans, c'est dire qu'on rentre dans une zone de fonctionnement de ces centrales qui n'avait pas été prévu par les ingénieurs au départ, et donc on accroît le risque. C'est exactement ainsi que Tchernobyl a eu lieu : quelques imbéciles sur place ont décidé, pour voir, de faire fonctionner la centrale de Tchernobyl en dehors des limites de son cahier des charges initial.

Donc choisir 30, 40, 45 ans, c'est faire un certain arbitrage entre nos capacités de persuasion politique, qui nous permettent d'entrer au gouvernement, de faire valoir nos arguments, et éventuellement d'arriver à nos fins, et ce que sont nos craintes réelles. Pour nous, 30 ans c'est un compromis : les centrales qui ont été construites vers 1975 doivent être arrêtées dans 5 ans. Supposons qu'on décide de prolonger la vie d'une centrale de 30 à 40 ans et qu'à la 37^{e} année elle explose, je ne voudrais pas être le ministre de l'environnement Vert qui aura signé le nouveau compromis ! Ce type de considérations renvoie au principe de précaution face à un risque non quantifiable. Nous avons maintenant un autre risque extrêmement peu quantifié, celui de la transmission du prion de la vache folle, dont nous ne savons ni la probabilité, ni le coût réel en termes d'épidémie humaine. Pourtant, l'opinion publique impose au gouvernement de se comporter comme s'il visait l'espérance mathématique zéro. Peut-être un jour en sera-t-il ainsi du nucléaire. Espérons que cela arrivera avant l'accident.

G.C. : *Ce rapport permet de montrer que les scénarios de faible demande d'électricité sont globalement moins chers que ceux de demande forte. Plus surprenant, ce résultat est confirmé dans le calcul du coût actualisé du kWh, moins élevé dans les scénarios économes en énergie. Pouvez-vous commenter ce résultat ? Quels sont pour vous les autres points importants que met en lumière ce rapport ?*

A.L. : Ces résultats n'ont rien d'étonnant pour un économiste : c'est tout simplement la loi des rendements décroissants. Ce sont les derniers kWh qui sont les plus coûteux à produire et qui demandent le plus d'investissements lourds. C'est pourquoi le plus économique est encore de ne pas les produire, c'est-à-dire d'économiser les premiers kWh. Si l'on cherche à trop faire d'économies, çà finira aussi par coûter cher, mais on n'en est pas là. Commençons par sécher notre linge à la fenêtre, ça ne coûte pas cher !

C'est ici d'ailleurs que le rapport, s'il ne regarde pas exactement l'avenir dans le rétroviseur, fait preuve d'une prudence stupéfiante. Alors qu'il reconnaît qu'on saurait dès aujourd'hui abaisser la consommation d'un logement de 2 500 kWh par an à 750 kWh, il se contente de réalisations beaucoup plus modestes dans son scénario B à l'horizon 2050. Or, dès les années 1980, pour l'étude de l'ONU Energie pour un monde soutenable, on testait une maison en Nouvelle-Angleterre consommant 75 kWh par an. Certes elle coûtait cher, mais elle existait; construite en grande série elle aurait un prix tout à fait acceptable, et je ne parle pas des progrès à venir. Mais

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

quand il s'agit du nucléaire, les auteurs n'hésitent pas à nous donner les coûts et le rendement matière d'une hypothétique troisième génération de réacteurs après l'EPR !

Assez comiquement, ce rapport suppose que, dès la sortie du nucléaire, les dépenses de recherche baissent de 90 %, ce qui est la part actuelle du nucléaire dans la recherche sur l'énergie. Une suggestion : gardons ces lignes de crédits, et reconvertissons-les vers les économies d'énergie et les énergies renouvelables.

Notes

Entretien avec Benjamin Dessus

1 C. Bataille & R. Galley, *L'aval du cycle nucléaire : Tome 1, étude générale*, juin 1998, et *Tome 2, les coûts de production de l'électricité*, février 1999, Rapports de l'Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques (OPECST).

2 Annoncé par Lionel Jospin, Premier ministre, dans son allocution d'ouverture de la Conférence préparatoire sur les changements climatiques, Lyon, 11 septembre 2000.

3 Discours de Christian Pierret, secrétaire d'État à l'industrie, lors du Colloque "Énergie et développement durable : la place des énergies renouvelables", Paris, 29 mai 2000.

4 Energie 2010–2020, Rapport de l'Atelier 3 Scénarios énergétiques pour la France, septembre 1998.

5 Global Energy Perspectives to 2050 and Beyond, World Energy Council/IIASA, 1995.

6 Cochet, Y., Stratégie et moyens de développement de l'efficacité énergétique et des sources d'énergie renouvelables en France, Assemblée nationale, Paris, France, 2000.

7 À noter que le respect pour l'électricité renouvelable d'un objectif fixé en % des besoins d'électricité nationaux en 2010 peut-être obtenu en jouant sur deux termes : le numérateur, la production d'électricité renouvelable, et le dénominateur, la consommation d'électricité. Et la maîtrise de l'électricité (MDE) de rentrer là par la fenêtre...

8 Voir à ce sujet "Le nucléaire en débat", Les cahiers de Global Chance, N°11, avril 1999.

9 Voir ces trois communiqués présentés dans l'article précédent.

10 "*France et Europe de l'énergie : nouvelles attentes, nouveaux marchés*", 3èmes Rencontres parlementaires sur l'énergie, Paris, Assemblée nationale, 17 octobre 2000.

11 Conférence à la Société Française d'Energie Nucléaire (SFEN), Châtillon, 17 octobre 2000.

Entretien avec Alain Lipietz

1 Dans leur communiqué à la presse du 31 juillet 2000, "*les Verts dénoncent ce rapport comme étant une "machine" à écrire l'avenir à partir du passé*".

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

Glossaire

Actinides : Famille d'éléments chimiques plus lourds que l'actinium (numéro atomique 89). Quatre actinides existent à l'état naturel : l'actinium (89), le thorium (90), le protactinium (91) et l'uranium (92).

Actinides mineurs : Éléments de numéro atomique compris entre 89 et 103 de la classification de Mendeleiev. Les actinides majeurs sont l'uranium et le plutonium. Les autres actinides sont dits actinides mineurs et comprennent notamment l'américium, le neptunium et le curium formés dans les combustibles irradiés.

AEN : Agence pour l'Énergie Nucléaire. Créée en 1957 au sein de l'OCDE, elle constitue un espace de collaboration juridique, technique et scientifique entre les États sur la production et l'utilisation de l'énergie nucléaire. L'AEN ne dispose d'aucune prérogative de contrôle.

AIEA : Agence Internationale de l'Énergie Atomique (International Atomic Energy Agency). Organisation intergouvernementale créée en 1957, qui fait partie de l'organisation des Nations Unies. Son rôle est de favoriser et d'encourager l'utilisation pacifique de l'énergie atomique dans le monde entier.

Alpha : Les particules composant le rayonnement alpha sont des noyaux d'hélium 4 (2 neutrons + 2 protons), fortement ionisants mais très peu pénétrants. Une simple feuille de papier est suffisante pour arrêter leur propagation.

ANDRA : Agence Nationale pour la gestion des Déchets Radioactifs, établissement public à caractère industriel et commercial chargé de la gestion et du stockage des déchets radioactifs solides.

APA : Assemblage Plutonium Avancé

Atome : Constituant de base de la matière. Il est composé d'un noyau (neutrons + protons) autour duquel gravitent des électrons.

Barres de contrôle ou de commande : Tubes de bore ou de cadmium introduits verticalement au sein du cœur d'un réacteur dans le but de contrôler, par absorption de neutrons, la réaction et donc la puissance fournie (aussi appelées « grappes de contrôle ou de commande »).

Barrières de confinement : Ensemble de dispositifs étanches interposés entre les sources de rayonnement (produits de fission présents dans le réacteur) et le milieu extérieur. Ces protections sont constituées successivement par :

- la gaine métallique contenant le combustible nucléaire (tube en zircaloy),
- la cuve en acier abritant le cœur du réacteur et le circuit de refroidissement;
- le bâtiment réacteur (enceinte étanche en béton armé).

Bêta : Les particules composant le rayonnement bêta sont des électrons de charge négative ou positive. Un écran de quelques mètres d'air ou une simple feuille d'aluminium suffisent à les arrêter.

CEA : Commissariat à l'Énergie Atomique. Placé sous l'autorité du Premier ministre, il est chargé de promouvoir l'utilisation de l'énergie nucléaire dans les sciences, dans l'industrie et pour la défense nationale.

Césium : Métal rare et toxique dont les caractéristiques sont comparables à celles du potassium. L'un de ces isotopes, le césium 137, est un produit de fission radioactif que l'on trouve dans les différents circuits de la zone nucléaire.

Chargement du réacteur : Introduction du combustible nucléaire dans le réacteur. Pour les REP, l'opération s'effectue à froid, réacteur à l'arrêt et cuve ouverte; elle a lieu habituellement une fois par an. Le combustible séjournant trois à quatre ans dans un réacteur, seul un tiers ou un quart sera renouvelé annuellement, les assemblages neufs étant alors placés dans les zones périphériques du cœur.

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

COGEMA : Compagnie Générale des Matières Nucléaires. Filiale du CEA, ses activités couvrent l'ensemble du cycle du combustible nucléaire (exploitation minière, conversion, enrichissement, fabrication, retraitement des combustibles irradiés).

Combustible nucléaire : Matière fissile utilisée dans un réacteur pour y développer une réaction nucléaire en chaîne. Le combustible neuf d'un réacteur à eau pressurisée est constitué d'oxyde d'uranium enrichi en uranium 235 (entre 3 et 4 %).

Confinement : Dispositif de protection qui consiste à contenir les produits radioactifs à l'intérieur d'un périmètre déterminé fermé (dite barrière de confinement).

Cycle du combustible : Ensemble des étapes suivies par le combustible fissile : extraction du minerai, élaboration et conditionnement du combustible, utilisation dans un réacteur, retraitement et recyclage ultérieur.

Déchargement d'un réacteur : Opérations consistant à retirer le combustible nucléaire d'un réacteur. Dans les REP, elles s'effectuent toujours réacteur à l'arrêt et cuve ouverte.

Déchets radioactifs : Matières radioactives inutilisables provenant de centres médicaux, de laboratoires ou de l'industrie nucléaire.

Effluents : Liquides ou gaz contenant des substances radioactives. Leur activité est réduite par des dispositifs appropriés avant leur rejet ou leur utilisation.

Enceinte de confinement ou bâtiment du réacteur : Enceinte étanche en béton, contenant la cuve du réacteur, le circuit primaire, les générateurs de vapeur ainsi que les principaux auxiliaires assurant la sûreté du réacteur. Pendant les arrêts programmés du réacteur, plusieurs dizaines de personnes interviennent à l'intérieur de l'enceinte de confinement.

Enrichissement : Procédé par lequel on accroît la teneur en isotopes fissiles d'un élément. Ainsi, l'uranium est constitué, à l'état naturel, de 0,7 % d'uranium 235 (fissile) et de 99,3 % d'uranium 238 (non fissile). Pour le rendre efficacement utilisable dans un réacteur à eau pressurisée, la proportion d'uranium 235 sera portée aux environs de 3 à 4 %.

EURATOM : Créée en 1957, la Communauté Européenne de l'Énergie Atomique a pour mission générale de contribuer à la formation et à la croissance des industries nucléaires et au développement des échanges avec les autres pays. Cet organisme intervient notamment pour le contrôle des matières nucléaires dans les centrales.

EURODIF : Usine européenne d'enrichissement de l'uranium par diffusion gazeuse fournissant les industries nucléaires civiles; elle est édifiée à proximité de la centrale de Tricastin, dans la Drôme. Les principaux pays représentés dans EURODIF sont la France (majoritaire), l'Italie, l'Espagne et la Belgique.

Fertile : Un nucléide est dit fertile, s'il peut se transformer en nucléide fissile par capture d'un neutron. Exemple : l'uranium 238, qui se transforme en plutonium 239, est un nucléide fertile.

Fissile : Un nucléide est dit fissile si son noyau est susceptible de subir une fission sous l'effet de neutrons de toutes énergies. Exemple : l'uranium 235.

Fission nucléaire : éclatement d'un noyau lourd en deux parties, accompagné d'émission de neutrons, de rayonnements et d'un important dégagement de chaleur.

Isotopes : Eléments dont les atomes possèdent le même nombre d'électrons et de protons, mais un nombre différent de neutrons. Il existe par exemple trois isotopes d'uranium : l'uranium 234 (92 protons, 92 électrons et 142 neutrons), l'uranium 235 (92 protons, 92 électrons et 143 neutrons) et l'uranium 238 (92 protons, 92 électrons et 146 neutrons). On recense actuellement environ 325 isotopes naturels et 1 200 isotopes créés artificiellement.

MOX : Combustible mixte contenant de l'oxyde d'uranium et de l'oxyde de plutonium (UO_2 et PuO_2).

Neutron : Particule fondamentale électriquement neutre qui entre, avec les protons, dans la composition du noyau de l'atome. C'est le neutron qui provoque la réaction de fission des noyaux fissiles dont l'énergie est utilisée dans les réacteurs nucléaires.

Nucléide : Noyau atomique caractérisé par le nombre de protons et le nombre de neutrons qu'il renferme.

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

Période : La période radioactive est le temps nécessaire pour qu'une matière radioactive perde la moitié de sa radioactivité. En 2 périodes, la radioactivité tombe au quart de son niveau initial. En 10 périodes, elle tombe à 1/1000ème. En 20 périodes, elle tombe à environ 1/1 000 000ème.

Plutonium : Élément de numéro atomique 94 dont aucun isotope n'existe dans la nature. Le plutonium 239, isotope fissile, est produit dans les réacteurs nucléaires à partir de l'uranium 238. Sa manipulation exige de strictes précautions en raison de sa toxicité chimique et des dangers présentés par ses rayonnements alpha. Symbole Pu.

Produits d'activation : Radioéléments formés par irradiation des gaines de combustible, des embouts et autres matériaux de structure des réacteurs nucléaires.

Produits de fission : Fragments de noyaux lourds produits par la fission nucléaire ou la désintégration radioactive ultérieure des éléments formés selon ce processus.

Radioactif : Doté de radioactivité, c'est-à-dire émettant spontanément des particules alpha, bêta ou un rayonnement gamma. On désigne plus généralement sous cette appellation l'émission de rayonnements accompagnant la fission ou la désintégration d'un élément instable.

Radioélément : Toute substance chimique radioactive. Seul un petit nombre de radioéléments existe naturellement : il s'agit de quelques éléments lourds (thorium, uranium, radium, etc.) et de quelques éléments légers (carbone 14, Krypton 40). Les autres, dont le nombre dépasse 1 500, sont créés artificiellement en laboratoire pour des applications médicales ou dans les réacteurs nucléaires sous forme de produits de fission.

Réaction nucléaire : Processus entraînant la modification de la structure d'un ou de plusieurs noyaux d'atome. La transmutation peut être soit spontanée, c'est-à-dire sans intervention extérieure au noyau, soit provoquée par la collision d'autres noyaux ou de particules libres. La réaction nucléaire de certains atomes s'accompagne d'un dégagement de chaleur. Il y a fission lorsque, sous l'impact d'un neutron isolé, un noyau lourd se divise en deux parties sensiblement égales en libérant des neutrons dans l'espace. Il y a fusion lorsque deux noyaux légers s'unissent pour former un noyau plus lourd.

Réaction en chaîne : Suite de fissions nucléaires au cours desquelles les neutrons libérés provoquent de nouvelles fissions, à leur tour génératrices de neutrons expulsés vers des noyaux cibles et ainsi de suite.

Transmutation : Dans le cas des déchets radioactifs à haute activité, opération de transformation des radionucléides à vie longue dans des noyaux stables, en transitant éventuellement par des corps à durée de vie nettement plus courte.

Transuraniens : Famille des éléments chimiques plus lourds que l'uranium (numéro atomique 92). Les principaux sont : Neptunium (93), Plutonium (94), Americium (95), Curium (96). Ils font également partie de la famille des actinides. Neptunium, Americium et Curium sont dits des « actinides mineurs » car en plus faible quantité que le Plutonium dans les combustibles irradiés.

Tritium : Isotope de l'hydrogène, émettant des rayonnements bêta, présent dans les effluents des réacteurs à eau. Symbole : H3.

Uranium : L'uranium se présente à l'état naturel sous la forme d'un mélange comportant trois principaux isotopes :

- l'uranium 238, fertile dans la proportion de 99,28 %;

- l'uranium 235, fissile dans la proportion de 0,71 %;

- l'uranium 234.

L'uranium 235 est le seul isotope fissile naturel, une qualité qui explique son utilisation comme source d'énergie. Symbole U.

Vie longue : Un radioélément est considéré comme étant à vie longue lorsque sa période est supérieure à 30 ans et inférieure à 1 milliard d'années. En dessous de 30 ans, il est considéré comme étant à vie courte. Au-dessus d'un milliard d'années, il est considéré comme stable.

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

Bibliographie

Rapport de la mission

• Charpin, J.-M., Dessus, B., Pellat, R., *Étude économique prospective de la filière électrique nucléaire*, Rapport au Premier ministre, la Documentation française, France, 2000.

http ://www. ladocfrancaise. gouv. fr/fic_pdf/charpinnucleaire.pdf

Rapports annexes

• Girard, Ph., Marignac, Y., Tassart, J., *Mission d'évaluation économique de la filière nucléaire - Le parc nucléaire actuel,*

Commissariat général du Plan, France, 2000. http ://www. plan. gouv. fr/organisation/seeat/nucleaire/annexe1.html

• Bergeron, J., Schapira, J.-P., Simon, A., Thomas, J.-B., *Mission d'évaluation économique de la filière nucléaire - La prospective technologique de la filière nucléaire*,

Commissariat général du Plan, France, 2000. http ://www. plan. gouv. fr/organisation/seeat/nucleaire/annexe2.html

• Claverie, M., Clément, D., Girard, C., Benkhalifa, F., Labrousse, M., *Mission d'évaluation économique de la filière nucléaire - La prospective technologique des filières non nucléaires*, Commissariat général du Plan, France, 2000. http ://www. plan. gouv. fr/organisation/seeat/nucleaire/annexe3.html

Autres documents

• Cochet, Y., *Stratégie et moyens de développement de l'efficacité énergétique et des sources d'énergie renouvelables en France*, Assemblée nationale, Paris, France, 2000.

• Le Bars, Y., *Pour un inventaire national de référence des déchets radioactifs - Rapport de la Mission sur la méthodologie de l'inventaire des déchets radioactifs - Tome I : Propositions* et *Tome II : Annexes,* Agence Nationale de gestion des Déchets Radioactifs (ANDRA), Paris, France, 2000.

• Rivasi, M., *Les conséquences des installations de stockage des déchets nucléaires sur la santé publique et l'environnement,* Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques, Assemblée nationale/Sénat, Paris, France, 2000.

• Commission nationale d'évaluation -*Rapport d'évaluation n° 6 - Juin 2000*, Commission Nationale d'Evaluation (CNE), Paris, France, 2000.

• De Montesquiou, A, *Rapport d'information fait au nom de la délégation pour l'Union Européenne sur l'adéquation du traité Euratom à la situation et aux perspectives de l'énergie nucléaire en Europe,* Sénat, Paris, France, 2000.

• Bataille, C., Galley, R., *L'aval du cycle nucléaire - Tome I : Etude générale,* Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques, Assemblée nationale, Paris, France, 1999.

• Bataille, C., Galley, R., *L'aval du cycle nucléaire - Tome II : Les coûts de production de l'électricité,* Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques, Assemblée nationale, Paris, France, 1999.

• ERM Energy, *Dilemma Study : Study of the Contribution of Nuclear Power to the Reduction of Carbon Dioxyde Emissions from Electric Generation - Final Report,* July 1999, Commission Européenne, Bruxelles, Belgique, 1999.

• Boisson, P. (Dir.)., *Energie 2010–2020 - Rapport du groupe plénier,* Commissariat général du Plan, Paris, France, 1998.

• *Les « coûts de référence de la production électrique,* Direction Générale de l'Energie et des Matières Premières (DGEMP), Ministère de l'industrie, Paris, France, 1997

• Bataille, C., *L'évolution de la recherche sur la gestion des déchets nucléaires à haute activité - Tome I : Les déchets civils* et *Tome II : Les déchets militaires,* Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques, Paris, France, 1996.

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

NUMÉROS PRÉCÉDENTS

N° I Décembre 92
Pourquoi Global Chance
L'effet de serre et la taxe sur le carbone
Les réactions à l'appel de Heidelberg

N° 2 Juin 1993
Global Chance et le nucléaire
Ecologie, environnement et médias
Science, progrès et développement

N° 3 Mars 1994
L'énergie en débat
Nucléaire civil et prolifération
Scénarios énergétiques et marges de liberté

N° 4 Juin 1994
Contributions au débat sur l'énergie
Agriculture, forêts et développement durable

N° 5 Avril 1995
Si l'on parlait climat ?
Le débat national énergie & environnement
Les conditions d'une transition vers un développement durable

N° 6 Février 1996
Numéro spécial en hommage à Martine Barrère

N° 7 Juillet 1996
Effet de serre : les experts ont-ils changé d'avis ?
Rapports résumés du Groupe Intergouvernemental sur l'Evolution du Climat
Commentaires et analyses

N° 8 Juillet 1997
Développement durable et solidarité

N° 9 Novembre 1997
De Rio à Kyoto
La négociation Climat

N° 10 Mars 1998
Le climat, risque majeur et enjeu politique - De la conférence de Kyoto à celle de Buenos Aires. Coédité avec le Courrier de la Planète

N° 11 Avril 1999
Le nucléaire en débat - N'avons nous pas le temps d'élaborer des solutions acceptables

N° 12 Novembre 1999
Environnement et mondialisation

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale

L’association GLOBAL CHANCE

GLOBAL CHANCE est une association de scientifiques qui s'est donné pour objectif de tirer parti de la prise de conscience des menaces qui pèsent sur l'environnement global (« global change ») pour promouvoir les chances d'un développement mondial équilibré.

La situation actuelle comporte des risques de voir se développer des comportements contraires à cet objectif :

- comportement fataliste, privilégiant le développement de la consommation sans prendre en compte l'environnement,

- comportement d'exclusion des pays du Sud du développement pour préserver le mode de vie occidental,

- comportement d'intégrisme écologique, sacrifiant l'homme à la nature,

- comportement de fuite en avant technologique porteuse de nouvelles nuisances et de nature à renforcer les rapports de domination Nord-Sud.

Mais la prise de conscience de ces menaces sur l'environnement global peut aussi fournir la chance d'impulser de nouvelles solidarités et de nouvelles actions pour un développement durable.

Pour GLOBAL CHANCE, un tel développement suppose :

- Le développement réel de l'ensemble des pays du monde dans une perspective humaniste,

- Le choix d'une méthode démocratique comme principe supérieur d'action,

- Le retour à un équilibre avec la nature, certes différent de celui que nous connaissons aujourd'hui, mais qui n'apparaisse pas comme incompatible avec le développement humain.

Ce retour à l'équilibre prendra du temps. Mais après une phase transitoire d'adaptation une telle condition implique de tendre :

- vers des prélèvements globaux mineurs et décroissants de ressources non renouvelables,

- vers des rejets nuls ou mineurs d'éléments non recyclables (sur des durées de l'ordre de quelques générations) dans les processus de la nature.

Après discussion interne au sein de l'association, GLOBAL CHANCE se propose de mettre les compétences scientifiques de ses membres au service :

- d'une expertise publique multiple et contradictoire,

- de l'identification et de la promotion de réponses collectives nouvelles et positives aux menaces de changement global,

dans les domaines scientifique et technique, économique et financier, politique et réglementaire, social et culturel, dans un esprit de solidarité Nord Sud, d'humanisme et de démocratie.

Ceci est une réédition électronique réalisée en 2010 à partir d'exemplaires originaux et en reproduisant le plus fidèlement possible la maquette initiale