

En outre, sur les unités de 900 MWe, des défauts de conception ont été constatés, qui ont forcé EDF à lancer un coûteux programme de maintenance et de remplacement des générateurs de vapeur (cf. section suivante). Statistiquement, l'effet sur le coefficient de disponibilité énergétique a été jusqu'à présent limité même si ce coefficient, pour les réacteurs de 900 MWe, est tombé à 76,1 % pendant l'hiver 1988-89. La gravité des défauts de conception qui apparaissent actuellement et les conséquences qu'ils pourraient avoir augurent mal de la performance d'exploitation future d'un parc de centrales nucléaires qui commencent à vieillir. Les problèmes techniques auxquels EDF est actuellement confrontée illustrent bien la gravité de la situation.

3. Les problèmes techniques des réacteurs français

S'il est vrai que, depuis le lancement du programme nucléaire français, un certain nombre d'incidents techniques ont affecté les centrales nucléaires et que de petits rejets radioactifs accidentels se sont produits, ces derniers temps, la situation s'est dégradée : les incidents se sont multipliés et, en 1989, un grand nombre de REP ont dû être arrêtés pendant plusieurs mois suite à la détection de défauts de conception. Ces incidents posent bien évidemment, en premier lieu, des problèmes de sûreté, mais ils ont aussi des répercussions sur la performance et sur l'économie des centrales nucléaires. Dans la présente section, nous nous contenterons d'examiner ces problèmes techniques du point de vue économique, et nous ne mentionnerons pas un certain nombre d'incidents (en particulier certains qui furent dramatiques, comme la fuite de sodium liquide sur le surgénérateur Superphénix de Creys-Malville). EDF s'enorgueillit d'avoir réussi à réduire, depuis le début des années 80, le nombre d'incidents "significatifs" affectant les REP : ce nombre est en effet passé de 9,2 par réacteur/an en 1985 à 8,3 en 1989 pour les unités de 900 MWe, et de 12,7 en 1986 à 5,7 en 1989 pour les unités de 1 300 MWe (103). [Les incidents classés "significatifs" sont des événements qui ont été, en 1983, définis comme tels par les autorités responsables de la sûreté ; il peut s'agir de rejets non contrôlés de radioactivité, d'exposition non contrôlée à des produits radioactifs, d'incidents révélant des défauts dans les normes techniques, du déclenchement non programmé — et pouvant être dangereux — des systèmes de sécurité, etc. (16)].

Ce qui est inquiétant, pour EDF, c'est l'apparition de défauts et incidents qui affectent une série entière de REP et qui, de ce fait, peuvent avoir des conséquences dramatiques, à l'avenir, sur la performance et la sûreté. M. Tanguy, responsable de la sûreté à EDF, a souligné la gravité de la situation dans son rapport interne sur la sûreté relatif à 1989 (5). Ce document confidentiel, qui est parvenu par des voies détournées à Didier Anger, député Vert au Parlement européen, a suscité de nombreux commentaires en France (3). Il est intéressant de noter à ce sujet que plusieurs des problèmes fondamentaux mentionnés dans ce rapport avaient déjà été mis en lumière dans un rapport préparé pour *Greenpeace* quelques années auparavant (24). En fait, aucun de ces problèmes n'est nouveau, mais le rapport Tanguy de 1990 porte un sérieux coup à EDF.

Alors même que nous terminions ce rapport paraissait le nouveau rapport Tanguy relatif à l'année 1990, qui montre que la situation ne s'est pas nettement améliorée. Bien qu'il critique moins EDF que le rapport de 1990 portant sur 1989, il n'en indique pas moins que, en 1990, 95 "événements" potentiellement dangereux ont été officiellement répertoriés en 1990, contre 83 en 1989 (193).

On peut regrouper les différents problèmes en trois grandes catégories. La première est celle des différents défauts de conception des échangeurs de chaleur et des pressuriseurs, qui provoquent de la corrosion dans les tubes ou sur les soudures. La deuxième est celle des problèmes de vieillissement, par exemple dans les barres de combustible et les barres de contrôle. La troisième est celle des erreurs humaines commises dans le cadre des procédures d'exploitation et de maintenance, domaine dans lequel M. Tanguy considère que la situation est particulièrement grave.

La corrosion métallique constatée dans les échangeurs de chaleur et les pressuriseurs est un problème qui affecte de nombreux REP du monde entier, y compris aux Etats-Unis ; il est fréquent de constater des fuites dans les tubes des générateurs de vapeur, et plusieurs ruptures de tubes se sont d'ailleurs déjà produites (on considère d'ailleurs que ce genre d'incident est celui qui risque le plus de déclencher un accident nucléaire à grande échelle). On a récemment calculé que des dégâts affectant des générateurs de vapeur avaient été constatés sur 159 REP et, au début de 1990, le générateur de vapeur avait été entièrement remplacé sur dix d'entre eux (107). EDF a déjà considérablement renforcé ses programmes de recherche et développement et de maintenance sur cette question, mais le problème n'a fait que s'aggraver.

A la fin des années 70 et au début des années 80, des problèmes de corrosion ont commencé à se manifester sur les tubes des générateurs de vapeur des unités de 900 MWe, ce phénomène résultant de la réaction chimique de l'acier sur l'eau aux températures de fonctionnement. Cette corrosion se manifeste sous deux formes: de la boue et des dépôts solides d'oxyde du métal qui s'accumulent sur les parois des tubes, et dont le poids total peut atteindre plusieurs centaines de kilos pour un seul générateur. A mesure que les parois des tubes s'amincissent, il se produit des fuites entre le circuit primaire et le circuit secondaire.

Extraits du rapport F. Nectoux
révisé pour Greenpeace en 1991

La pression du circuit secondaire étant inférieure à celle du circuit primaire (80 bars contre 150), il est parfois nécessaire de provoquer des rejets radioactifs pour prévenir la dégradation du générateur de vapeur.

Dans le pire des cas, lorsqu'il y a plusieurs ruptures simultanées de tubes, cela peut déclencher une dépressurisation partielle du cœur du réacteur, ce qui, selon une étude officielle de l'ISTN citée dans la presse (108), entraîne « *le dessèchement des barres de combustible, provoquant ainsi la rupture de la gaine des barres de combustible et le rejet dans l'environnement de produits de fission volatils* ». Ce scénario est celui de l'accident grave par rejet radioactif le plus fréquemment envisagé dans les études probabilistes de sécurité (EPS) et, selon un responsable de l'EDF, « *on ne saurait éliminer a priori la probabilité d'une telle rupture* » (109).

Le rapport Tanguy de 1990, concernant "l'année chaude de 1989", a souligné la grande probabilité de ce type d'incident : « *Aujourd'hui, c'est sans conteste le risque de rupture brutale d'un ou plusieurs tubes de générateurs de vapeur qui est sans aucun doute le plus préoccupant, compte tenu de l'état des générateurs de vapeur d'un grand nombre de tranches* ». Le risque que se produise un tel incident « *dans les quelques années à venir* » n'est pas négligeable. Aussi M. Tanguy considère-t-il qu'il est « *très important que les exploitants soient bien préparés à ce type d'accident* » (5).

Au début des années 80, EDF s'est attaquée à ce problème par différents moyens, en particulier en modifiant le type d'acier utilisé dans les tubes et en modifiant la composition chimique de l'eau contenue dans le réacteur et le circuit secondaire pour accroître son pH (110).

Cependant, aucune de ces techniques n'a permis de résoudre le problème et, récemment encore, on a constaté qu'une bonne proportion des tubes des générateurs de vapeur d'un certain nombre d'unités de 900 MWe étaient bloqués et qu'ils présentaient des fissures. Par exemple, en 1986, des fuites sont apparues à Bugey 5 et à Fessenheim 2, et on a constaté, à Tricastin 3, une réduction considérable de l'épaisseur de la paroi des tubes.

Le programme permanent de contrôle, de maintenance et de réparations qu'exige le colmatage des fuites se produisant dans les tubes est extrêmement coûteux ; en outre, le pourcentage de tubes colmatés d'un certain nombre de générateurs de vapeur approche de la limite de sécurité de 15 %. Aussi EDF est-elle actuellement contrainte de remplacer dans leur totalité les générateurs de vapeur des 24 REP les plus anciens. Le premier remplacement s'est fait en 1990 sur l'unité Dampierre 1, où plusieurs centaines de tubes (12 % du total) étaient bloqués : le coût de cette opération s'est élevé à 600 millions de francs. Le coût des installations supplémentaires devrait s'élever à 350 millions de francs (111). EDF n'a pas confirmé qu'il faudrait remplacer tous les générateurs de vapeur mais s'est contentée de déclarer qu'elle avait « *organisé un programme à court, moyen et long terme de remplacement des générateurs de vapeur* » (112).

Des problèmes de corrosion ont été également constatés sur les REP plus modernes de 1 300 MWe, qui semblaient pourtant technologiquement sûrs. Au printemps de 1989, à l'occasion de contrôles de maintenance, on a constaté que la paroi des tubes s'amincissait de façon inquiétante sur les générateurs de vapeurs de neuf de ces unités toute neuves, en particulier à Nogent 1 (près de Paris) et à Cattenom 2 (113). Il a fallu arrêter ces unités jusqu'en janvier 1990 et procéder à l'inspection et à la maintenance des 14 gros REP de cette série, ce qui a provoqué un grand nombre d'arrêts de production et a diminué d'autant le coefficient de disponibilité énergétique des réacteurs de 1 300 MWe en 1989. De ce fait, il a fallu reporter de plusieurs mois la mise en service de l'unité Cattenom 3 pour pouvoir procéder à des opérations de maintenance préventive. On estime à quelque 4 milliards de francs le coût total, sur trois ans, de toute cette opération (colmatage des tubes comportant des fuites et élimination des boues) (108).

La situation a été considérée comme suffisamment grave et inattendue pour que la CSSIN, la commission gouvernementale d'experts chargée de faire un rapport sur la sûreté et l'information dans le domaine nucléaire et qui est pourtant réputée pour sa prudence, émette un avertissement, exprimant ses inquiétudes et recommandant l'adoption de mesures supplémentaires. Cette commission a fait remarquer que la corrosion et les fissures apparaissant dans les générateurs de vapeur « *pourraient provoquer une fuite de fluide radioactif en dehors de la zone de confinement* » et qu'« *une vigilance exceptionnelle* » s'imposait dans trois domaines : « *élimination des corps étrangers pouvant se déplacer dans les tubes et provoquant une usure anormale, programme approprié de contrôle et de maintenance quel qu'en soit le coût, planification et programmation d'opérations lourdes, en particulier le remplacement des générateurs eux-mêmes* » (114).

Ce programme de remplacement entraînera des frais financiers post-opérationnels considérables. Pour la série des 900 MWe, le montant des frais directs, étalés sur 15 ans, a été estimé à près de 8,5 milliards de francs (91), ce qui représente presque le coût des investissements pour la construction d'une centrale nucléaire de 1 300 MWe, étalés sur 15 ans. Ce montant inclut les coûts de recherche et de développement mais non les coûts de remplacement de l'énergie non plus que les augmentations des coûts de production correspondant à la diminution de la disponibilité. Si ce programme de remplacement devait également s'appliquer à, par exemple, dix unités de 1 300 MWe, le coût direct total pourrait alors s'élever à 12,5 milliards de francs sur 20 ans. D'après certaines estimations, cela pourrait entraîner une augmentation de 1 % du prix

de l'électricité d'ici la fin du siècle (108). Tout cela nous amène à douter des estimations actuelles avancées par l'EDF sur les coûts prévus des réparations et de la maintenance (cf. 4^{ème} partie).

D'autres défauts de conception sont apparus, en 1989, sur les unités de 1 300 MWe. On a constaté des suintements d'eau à proximité des buses d'instruments du dépressuriseur pendant les essais à très haute pression réalisés, à l'automne 1990, à Cattenom 2 et à Nogent 1, en raison d'une "corrosion de stress" constatée sur l'acier Inconel 600 après soudage (115). Ce problème a provoqué des arrêts non programmés pour maintenance de plusieurs unités de 1 300 MWe, et des réparations supplémentaires seront sans doute nécessaires.

Un autre type de défaut de conception affectant les unités de 900 MWe concerne les barres de contrôle et les barres de combustible. On a constaté un certain nombre de ruptures des gaines qui enveloppent les barres de combustible, par exemple à Bugey 2 en 1981 et 1987. Dans un certain nombre de cas, par exemple à Bugey 2 en 1982, on a en outre constaté des fissures dues à la corrosion de stress et des ruptures des broches de fixation des guides des barres de contrôle ; aussi EDF a-t-elle lancé un programme de remplacement de ces broches par des "broches de seconde génération" (96). Ce problème s'est à nouveau manifesté en mars 1987 à Tricastin 4, puis, en 1988, on a constaté que des débris de broches fissurées avaient provoqué de graves dégâts dans la tête d'un générateur de vapeur de l'une des unités de Gravelines.

Depuis 1988, EDF et le SCSIN (Service central de sûreté des installations nucléaires) classent les incidents et les accidents se produisant dans des centrales nucléaires en fonction d'une échelle à six degrés (117), le degré le plus élevé correspondant aux accidents les plus graves (Tchernobyl relève de la classe 6 et Three-Mile-Island de la classe 5).

Aux fins de la présente étude, les accidents dont nous parlons ici sont ceux qui relèvent des classes 2 et 3. La classe 2 concerne les défauts techniques graves qui n'entraînent pas de rejet de matières radioactives mais soit rendent nécessaires un arrêt prolongé et un difficile programme de réparation (c'est le cas de la fuite de sodium qui s'est produite à Superphénix en 1987 ou de la corrosion des tubes de générateurs de vapeur sur les unités de 1 300 MWe), soit exigent une réévaluation en profondeur des procédures de sûreté.

Les incidents relevant de la classe 3 sont beaucoup plus graves. Soit ils sont à l'origine de rejets radioactifs atmosphériques "peu importants" (quelque dixièmes de la limite maximale annuelle autorisée), soit ils provoquent un rejet important de radioactivité dans le bâtiment de confinement, ou encore exposent un certain nombre de personnes travaillant dans la centrale à une irradiation dépassant la limite de dose annuelle permise, ou encore sont considérés comme une violation grave des conditions de sûreté (par exemple les pannes des systèmes de confinement ou de sécurité) sans même qu'il y ait de fuite de matières radioactives vers l'extérieur.

Depuis les années 60, six incidents de ce type se sont produits, les deux derniers respectivement à Saint-Laurent A2 en 1987 et à Gravelines 1 le 16 août 1989. Ce dernier cas est un exemple typique des sérieuses lacunes que comportent les procédures de contrôle de sûreté et de maintenance. En effet, au cours d'une maintenance de routine, on a constaté que trois vannes de sécurité du circuit primaire ne fonctionnaient plus depuis quelque 14 mois parce que, au cours d'une réparation précédente qui n'avait pas été suffisamment bien vérifiée, on avait utilisé des vis de remplacement incorrectes (118).

Un autre défaut de conception est bien connu: des centaines de kilomètres de câbles électriques dont l'isolation est inférieure aux normes ou qui vieillissent prématurément ont été installés dans les systèmes de sécurité et de contrôle d'un certain nombre d'unités de 900 MWe. Ce problème a été constaté dès octobre 1980 à Tricastin et à Dampierre mais, à l'époque, tous les câbles des REP des séries CP1 et CP2 étaient fabriqués par la même société: la câblerie Crosne (119).

EDF lança alors un programme à grande échelle de remplacement de ces câbles, mais uniquement sur les principaux systèmes de sécurité, et pas même sur toutes les unités. Il n'est donc pas surprenant que d'autres incidents se soient produits depuis, provoqués par des défauts d'isolation. Par exemple, en avril 1984, toute la production d'électricité de Bugey 5 s'est arrêtée pendant plusieurs minutes et seul le second groupe électrogène, fonctionnant au diesel, a démarré. Pendant deux heures, la salle de contrôle a été incapable de vérifier la pression qui augmentait rapidement dans le cœur de la centrale. On admet que cet incident a été le plus grave de toute l'histoire de l'énergie nucléaire en France (120) : il a fallu faire fonctionner les vannes de sécurité 30 fois en une seule nuit, dont 20 fois en un quart d'heure (121). Des problèmes identiques se sont posés à Dampierre 3 en octobre 1984 et en novembre 1986 ; des défauts d'isolation ont également été constatés lors de l'incident important qui s'est produit à la centrale du Blayais en 1985.

On pourrait mentionner d'autres défauts de conception encore, qui illustrent le fait que l'on n'a pas suffisamment tenu compte des conditions météorologiques. Ce fut le cas à la centrale de Saint-Laurent A1, en janvier 1987, lorsque la glace a bloqué pendant plusieurs heures l'arrivée d'eau du fleuve destinée au système de refroidissement. Cet incident s'est aussi produit à Bugey en 1985, et EDF a dû faire appel à

l'armée pour dégager la glace (122). Plus récemment, en janvier 1990, une tempête a fait s'effondrer une cheminée sur la partie conventionnelle de la centrale de Paluel.

Dans le courant du second semestre de 1990, d'autres défauts de conception ont été constatés. Des trous de 2,5 cm de diamètre ont été découverts dans les filtres des circuits de refroidissement de secours sur les unités de 1 300 MWe de Paluel et de Golfech. D'après le SCSIN, cela représentait « *un risque réel que des particules en suspension dans l'eau bloquent le circuit primaire* » (123). Juste auparavant, on s'était aperçu que certains filtres à sable de plusieurs REP étaient mal montés (124). Ces incidents ont amené M. Fauroux, ministre de l'Industrie, à s'en prendre à EDF, lui reprochant de ne pas s'inquiéter suffisamment de ces problèmes, et à demander un rapport spécial sur la maintenance (125).

On peut rattacher cette situation au problème plus général de la dégradation, en France, du "facteur humain" dans le domaine de la sûreté. Dans son rapport de 1990, M. Tanguy notait : « *La qualité des hommes, leurs comportements individuels et collectifs, leurs pratiques de travail et, plus généralement, leur "culture" ne paraissent pas globalement adaptés à l'enjeu, et ceci à tous les niveaux de responsabilité, et en particulier à celui de la hiérarchie et des "managers"* » (5).

Il ajoutait que bien des incidents s'étant produits en 1989 « *auraient pu être évités si... ceux qui étaient concernés s'étaient arrêtés, et avaient pris le temps de réfléchir* » (5). Cette dernière phrase a été largement diffusée (126). Dans un article, M. Tanguy lui-même insistait sur le fait que « *les incidents qui se sont produits en 1989 démontrent que, si nous voulons avoir la garantie qu'aucun accident grave ne se produira jamais, il nous faut faire mieux, tant dans le domaine de la fiabilité des équipements que dans celui du comportement de tous les membres de notre personnel* » (127).

Certains indices font d'ailleurs apparaître clairement que les agents de l'EDF s'inquiètent eux-mêmes des erreurs de routine, de la multiplication des "petits" incidents tels que des court-circuits, des vannes bloquées, la confusion entre des interrupteurs sur les consoles de la salle de contrôle, des ruptures de tuyaux qui ne sont pas détectées, la perte d'éléments combustibles, etc. Dans le cas d'un autre incident typique qui s'est produit en juin 1982 à Flamanville 2, on a constaté que, lors de la réparation, en 1988, des fuites causées par la corrosion sur le générateur de vapeur, on avait obstrué les mauvais tubes (128).

Dans un article du *Monde*, publié à la suite de la série d'incidents qui se sont produits au cours de l'été 1989 et à l'occasion desquels un journaliste avait interviewé un certain nombre de responsables de centrales nucléaires, le commentateur notait que le nombre croissant d'incidents avait une cause fondamentale : « *la routine et la gestion. Au départ, l'énergie nucléaire était une aventure, un "challenge"... stressant mais enrichissant. Dix ans après, c'est l'habitude. La vigilance a vécu, le risque s'est lentement banalisé, et la technique a fait place à la gestion* » (23). D'après la CFDT, « *l'origine de ces incidents n'est pas due seulement à des défauts techniques, mais à des erreurs humaines qui ont été multipliées par cinq en quatre ans, à puissance installée constante* » (23). EDF prend de plus en plus conscience de ces problèmes et a lancé, en 1989, une "mission de facteurs humains" ; elle est cependant prise entre la nécessité d'intensifier les exigences en matière de sûreté et les objectifs de réduction des coûts dans l'entreprise.

Dans ces conditions, il n'est pas surprenant que certaines inquiétudes se fassent entendre au Royaume-Uni au vu du nombre d'incidents qui se produisent en France suite à des défaillances techniques, des erreurs humaines et des lacunes de maintenance, à quoi s'ajoute la qualité très insuffisante du système des secours et d'alerte mis en place par les autorités et institutions françaises (129). Après tout, il n'y a pas moins de 14 réacteurs nucléaires installés en face de la côte anglaise, auxquels il faut ajouter l'usine de retraitement de La Hague. En conclusion, les difficultés techniques que connaît actuellement EDF sur ses centrales nucléaires ne sont plus des problèmes de croissance que l'on rencontre habituellement dans le cadre de programmes technologiques en cours de mise au point. Les défauts de conception qui affectent les centrales sont une réalité dont le programme nucléaire français devra s'accommoder pendant des années encore. Il apparaît maintenant que la normalisation de l'équipement dans le cadre d'un programme de commandes en séries, qui est une caractéristique fondamentale du système français et qui a tant contribué à limiter les coûts d'investissement, comporte ses propres risques et coûts, dans la mesure où toute défaillance technique va se retrouver sur toutes les unités de la même série.

Mais, en même temps, le programme français est en pleine maturation : on constate sur un certain nombre d'unités des problèmes de vieillissement prématuré (par exemple de la corrosion). Pour atténuer les répercussions que peut avoir ce processus sur la sûreté et la performance, il va falloir intensifier les efforts et les investissements dans les domaines de la maintenance et des réparations ainsi que des investissements post-opérationnels lourds. Cela vaut en particulier pour le remplacement des générateurs de vapeur, bien qu'il s'agisse là, par ailleurs, d'une bouée de sauvetage pour les fabricants de matériel nucléaire tels que Framatome, qui ont à pâtir d'un manque de commandes de nouvelles centrales.

Un autre aspect de ce processus de maturation est l'accroissement du nombre de centrales nucléaires qui vont devoir subir leur "révision décennale" au cours des premières années de la présente décennie. Cet arrêt programmé, qui doit permettre la mise en œuvre d'un programme poussé de réparations et de maintenance, a été rendu obligatoire par le processus réglementaire et il implique l'arrêt de la centrale pendant 3 à 5 mois, ce qui réduit d'autant le coefficient de disponibilité énergétique.

secteur capitaux et - 3,6 milliards de francs pour le cycle de combustible). Dans sa conclusion, EDF considère que le coût des importations de substituts de combustible tant pour la production que pour l'utilisation finale aurait été de 21,2 milliards de francs en 1987 et que, en conséquence, le programme nucléaire a permis d'"économiser" au total pas moins de 39,2 milliards de francs cette année-là. Ce chiffre est très élevé et aurait accru de 4 % les importations CAF, sans compter qu'il aurait aggravé de 47,6 % le déficit commercial total FAB-CAF.

Sans vouloir contester l'effet positif net du programme nucléaire français, il est cependant loisible de critiquer quelque peu ces chiffres. Premièrement, l'une des hypothèses de cette étude est que les politiques suivies par les pouvoirs publics dans les domaines des économies d'énergie et de la consommation finale auraient été identiques à celles qui ont été effectivement appliquées tout au long du développement du programme nucléaire. Il convient cependant de se rappeler que les efforts déployés à la fin des années 70 et au début des années 80 en faveur des économies d'énergie (par exemple les systèmes de déductions fiscales et la pénalisation des foyers tout-électriques, ainsi que les investissements de l'AFME, responsable au niveau gouvernemental des économies d'énergie) ont été, les années suivantes, battus en brèche par les politiques suivies par les services publics et le gouvernement (le comble ayant été atteint en 1986 lorsque son budget d'intervention de l'AFME fut ramené à 0,7 milliard de francs alors qu'il avait été de 2,4 milliards de francs en 1984). Par rapport à d'autres pays, il apparaît en fait que la France est très mal placée dans le domaine des économies d'énergie. Entre 1973 et 1987, l'intensité énergétique n'a diminué que de 15 %, passant de 0,47 TEP (tonnes équivalent pétrole) à 0,40 TEP pour 1 000 \$ de PNB, contre 26,5 % au Japon et aux Etats-Unis, 25 % au Royaume-Uni et 20,5 % en Allemagne de l'Ouest. On peut raisonnablement penser qu'une stratégie non nucléaire se serait accompagnée d'une politique d'économies d'énergie beaucoup plus efficace et que la réduction totale de la demande d'énergie aurait été beaucoup plus grande.

En second lieu, dans ce scénario proposé par EDF, les chiffres de la consommation supplémentaire de charbon et de pétrole, que ce soit pour la production d'électricité ou pour la consommation en utilisation finale, sont artificiellement gonflés parce qu'ils ne prennent pas en considération d'éventuelles améliorations des techniques de conversion. En réalité, EDF n'a guère investi pour le développement de techniques modernes et propres de combustion du charbon, contrairement à des pays tels que les Etats-Unis. De même, des améliorations apportées aux techniques de production d'électricité à partir du gaz auraient permis d'améliorer encore la rentabilité de cette méthode de production. D'autres techniques encore ont été négligées par EDF (en particulier l'énergie éolienne et l'énergie marémotrice, alors que, dans ce dernier cas, la France avait une longueur d'avance avec l'usine de la Rance), des méthodes qui auraient pu soulager, ne fût-ce que dans une mesure faible mais non négligeable, les besoins en capacité de production.

On peut donc conclure que, s'il est indéniable, l'impact positif du programme nucléaire sur la balance commerciale est quand même moindre qu'on ne le suppose généralement en France, et qu'en outre d'autres stratégies étaient en fait possibles, qui auraient atténué les répercussions économiques négatives des importations de combustible fossile.

2. L'exportation de la technologie nucléaire française

A l'aube du programme accéléré d'investissement, les autorités françaises et l'industrie nucléaire soulignaient vigoureusement le potentiel d'exportation d'équipements et de technologie dans le secteur de l'énergie nucléaire. D'une part, il devait aider la France à préserver sa puissance économique au niveau international en tant que pays technologiquement avancé et, d'autre part, il devait contribuer au redressement de la balance des paiements. On escomptait que ces exportations amélioreraient la rentabilité du programme français d'investissement dans le domaine de l'énergie nucléaire : elles devaient accroître le nombre de centrales nucléaires fabriquées en France, ce qui permettrait des économies d'échelle et une réduction des coûts grâce à l'effet d'apprentissage.

A cet égard, la stratégie suivie par l'industrie nucléaire s'est toujours inscrite dans la ligne de ces objectifs, mais les succès obtenus ont été très limités, bien que le programme français d'énergie nucléaire ait été, par son ampleur, le deuxième du monde.

En premier lieu, le nombre de centrales nucléaires exportées a été nettement inférieur à celui que l'on espérait : par exemple, alors que le CEA prévoyait d'exporter une centrale nucléaire par an (30), cet objectif n'a pas été atteint. Une seule UNGG a été exportée [il s'agit de l'accord de joint-venture pour la construction, en 1967, de l'unité Vendellos 1, en Espagne, pour laquelle des énormes subventions à l'exportation ont d'ailleurs été accordées et qui vient d'être fermée pour des raisons de sécurité suite à un incendie qui y a provoqué des dégâts considérables en octobre 1989, à la suite de quoi l'agence espagnole pour la sûreté nucléaire a sévèrement critiqué les exploitants de cette centrale pour les mauvais résultats obtenus dans le domaine de la sûreté (153)]. Sept REP seulement ont été vendus à l'étranger (Tihange 1, Tihange 2 et Doel 3 en Belgique, les deux réacteurs de Koeberg en Afrique du Sud en 1976, les deux réacteurs KNU 9 et 10 de la centrale d'Ushin en Corée du Sud en 1981, et les deux réacteurs de Daya Bay en Chine en collaboration avec la GEC) (154). Deux commandes de l'Iran ont été annulées.

De toute façon, les contrats d'exportation de centrales nucléaires ne rapportent guère : « *La construction de la centrale coréenne d'Ushin a, en fin de compte, coûté plusieurs centaines de millions de francs à Framatome. Et il n'est pas sûr que la centrale nucléaire chinoise de Daya Bay rapporte quoi que ce soit aux Français* » (56). En fait, il est presque certain qu'on perd de l'argent en Chine. Au cours de la conférence de presse annuelle d'EDF en 1988, son directeur général, Jean Bergougnoux, à qui l'on demandait si EDF avait « *perdu sa chemise à Daya Bay* », a admis, d'après des témoins, que, si elle ne perdait pas sa chemise, elle perdrait « *ses boutons de manchettes, des boutons de manchette en or* ».

Plusieurs de ces contrats ont été conclus dans le cadre de joint-ventures avec la participation de sociétés locales (c'est le cas en Belgique et, dans une moindre mesure, en Corée du Sud). Framatome a aussi vendu plusieurs cuves de réacteurs, par exemple à Sizewell B au Royaume-Uni, à Beznau en Suisse et à Prairie Island et Norco aux Etats-Unis. Alsthom et beaucoup d'autres sociétés françaises telles que Stein Industries, Merlin-Guérin et Neyrpic, ont obtenu des contrats portant sur la fourniture d'équipements d'ingénierie tels que des turbines, des instruments pour le cœur des réacteurs, de l'équipement électrique et des appareils de contrôle, des condensateurs et des systèmes de réchauffage (154). Deux générateurs de vapeur ont récemment été vendus en Suisse (45).

Ces derniers temps, aucune commande ferme d'exportation de centrales nucléaires françaises n'a été passée, mais Framatome, fortement soutenue par les pouvoirs publics, poursuit ses efforts de commercialisation, en particulier dans le tiers-monde et en Europe de l'Est. En Hongrie par exemple, elle négocie actuellement la vente d'une centrale de deux REP de 900 MWe qui devrait être construite à Pak, et le paiement de cette usine pourrait se faire sous la forme d'exportations d'électricité vers l'Europe de l'Ouest (155). Dans le tiers-monde, les efforts portent sur des pays tels que l'Egypte, la Chine, l'Inde et le Pakistan. Des négociations sont actuellement en cours pour la vente de deux unités de 1 000 MWe à l'Inde, mais il y a une forte concurrence de la part de l'URSS (156).

La visite, en 1990, du président Mitterrand au Pakistan a donné l'occasion d'une relance de la coopération nucléaire entre les deux pays. En 1978, suite à de fortes pressions exercées par l'Inde et les Etats-Unis, la France s'était trouvée dans l'obligation d'annuler l'accord de 1975, « *signé avec quelque précipitation par le CEA* » (47) et portant sur la construction d'une usine de retraitement. Maintenant, le Pakistan exige 2 milliards de francs à titre de réparations, mais la France a essayé de résoudre ce différend en lui accordant plus de 200 millions de francs en guise de compensations, un prêt de 600 millions de francs ainsi que l'offre de construire deux REP. Cette proposition a été annoncée officiellement par M. Mitterrand lui-même en février 1990, en dépit des protestations de plusieurs pays, en particulier des Etats-Unis, parce que le Pakistan n'a pas signé le Traité de non-prolifération nucléaire (157). Cette offre était d'autant plus surprenante que, pendant des années, on a fortement soupçonné le Pakistan d'organiser sur une grande échelle un trafic illégal d'éléments nucléaires dans le monde entier, en particulier depuis son ambassade à Paris (158). La chute du régime de Benazir Bhutto n'a pas refroidi l'enthousiasme de Framatome à l'égard de ce marché (159).

Ces commandes en puissance ne changent pas grand-chose à la réalité, à savoir que l'industrie nucléaire française a perdu son pari à l'exportation, essentiellement parce que le marché mondial sur lequel elle comptait ne s'est pas matérialisé. Cet échec a des conséquences à long terme. Il était prévu que les commandes de centrales nucléaires ouvriraient à la France une série de marchés connexes : ceux de la fabrication et du retraitement du combustible, de la maintenance, etc. En fait, c'est uniquement dans les secteurs du combustible nucléaire et du retraitement que l'industrie nucléaire française a réussi à développer un courant commercial de quelque importance.

L'une des principales stratégies suivies par l'industrie nucléaire française a consisté à conclure des accords de joint-venture avec d'autres fournisseurs et clients importants d'Europe, du Japon et d'Amérique du Nord. A l'origine, il s'agissait essentiellement de créer un marché obligé, qui forcerait le client en puissance à s'appuyer sur la technologie française. Cela était particulièrement vrai dans le cas de l'industrie du combustible nucléaire, où la plupart des grandes usines ont été construites en France, soit dans le cadre de joint-ventures avec des investisseurs étrangers (les futurs utilisateurs), soit avec des avances de fonds sur des contrats futurs.

Par exemple, l'usine d'enrichissement du Tricastin est exploitée par EURODIF, qui a pour actionnaires la COGEMA (51,5 %), mais aussi l'Iran (jusqu'à la révolution), l'Italie, la Belgique et l'Espagne (160). Dans le cas de l'usine de retraitement de La Hague, un accord a été récemment signé avec VEBA, vaste conglomerat allemand regroupant la production d'électricité, de charbon et d'équipement nucléaire, qui prendra 49 % de la production de l'usine UP3 (50). Cela permettra à VEBA d'arrêter la construction de l'usine de retraitement de Wackersdorf, à laquelle s'oppose une bonne partie de l'opinion publique allemande et en particulier les Verts.

Cependant, pour les années 90, les perspectives d'exportation dans les domaines du cycle du combustible et des services ne sont pas aussi brillantes qu'on l'espérait. Ainsi que le fait remarquer le Rapport Rouvillois, un certain nombre de pays étrangers auront bientôt construit leur propres unités industrielles de retraitement, même le Japon, qui a signé un contrat de sous-traitance avec la société française SGN (filiale de la COGEMA et de Technip, société spécialisée dans la sous-traitance en ingénierie)

portant sur la construction et l'apport technologique de l'usine de Rokkasho-Mura (104). Le consortium européen d'enrichissement URENCO, principal concurrent d'EURODIF, vient à son tour de signer un accord avec une grande société américaine pour la construction de nouvelles installations d'enrichissement (49). La concurrence de l'URSS, du Japon et des Etats-Unis sur un marché du cycle du combustible dont la capacité est de plus en plus excédentaire va donc limiter les perspectives de croissance des exportations. Le Rapport Rouvillois souligne à ce sujet : « *Des réductions d'effectifs devront être envisagées au cours des prochaines années et la fermeture d'une des usines (du cycle du combustible) n'est pas à exclure si les progrès envisagés à l'exportation ne se concrétisent pas* » (4).

Quant au long terme, EDF reconnaît que la France ne peut espérer développer seule l'exportation de centrales nucléaires. Dans ce sens, elle a conclu un accord de partenariat avec d'autres gros producteurs européens, en particulier en Allemagne et en Espagne (pour mettre au point un REP européen commun "de pointe", qui devrait être le successeur du N4 : il s'agit du projet, REP 2000, auquel sont également associés Framatome et le CEA et qui passe actuellement par différents stades de conception et d'évaluation (161).

Un autre domaine dans lequel devait s'exercer une collaboration internationale était le développement de la filière RNR ; Superphénix a été construit par le consortium NERSA [51 % EDF, 33 % ENEL (Italie) et 16 % SBK, holding dominé par la RWE allemande mais avec en outre de faibles participations belge, néerlandaise et britannique], qui en est aussi le propriétaire. Il était prévu de construire Superphénix 2 aussitôt que possible après l'unité de Creys-Malville, si possible en Allemagne de l'Ouest. Là encore, on escomptait exporter la technologie française et tirer des bénéfices commerciaux du cycle du combustible. Mais les Allemands ont refusé de poursuivre dans cette direction et, maintenant que se sont évanouies les perspectives économiques du RNR, il est improbable que s'effectuent les transferts de technologie vers le Royaume-Uni que l'on avait envisagés il y a quelques années.

Le CEA continue à se battre pour un RNR commercial européen du futur, qui devrait être réalisé par le consortium du "Projet EFR" (European Fast Reactor), qui vient d'en achever la conception théorique (162). Mais le Rapport Rouvillois, une fois encore, critique sévèrement ce projet : « *On peut s'interroger sur l'avenir réel du projet EFR compte tenu des problèmes rencontrés par les principaux partenaires de la France : incertitudes financières sur la suite du programme national au Royaume-Uni, difficultés politiques majeure pour la mise en service du surgénérateur de Kalkar en Allemagne Fédérale* » (4).

Les secteurs de la maintenance, des réparations et du remplacement de l'équipement offrent par contre à l'industrie nucléaire de meilleures perspectives d'exportation dans les années 90. Des sociétés françaises telles que Framatome, des filiales du CEA et même l'EDF considèrent comme présentant de nouvelles possibilités d'expansion commerciale le vieillissement de la capacité nucléaire d'un certain nombre de pays d'Europe et d'Amérique du Nord ainsi que le manque de qualification technologique en Europe de l'Est. Ainsi, Framatome, s'appuyant sur l'expérience qu'elle a acquise grâce à ses ventes en France, souhaite obtenir une part du marché mondial, en pleine expansion, du remplacement des générateurs de vapeur des REP (111). Des accords de transfert de technologie et de prestation de services ont été signés avec des pays d'Europe de l'Est, par exemple entre EDF et l'Union soviétique (163).

Ainsi que nous le verrons plus en détail dans la section suivante, des accords de joint-venture ont été conclus sur ce marché avec des sociétés allemandes et américaines. Cependant, la concurrence dans ces secteurs d'activité est très vive, tant entre sociétés françaises qu'entre groupes français et groupes étrangers. Par exemple, le contrat pour le remplacement des générateurs de vapeur du REP de Dael 1 en Belgique, construit en partie par Framatome, a récemment été obtenu par KWU-Siemens. Il y a parfois concurrence féroce entre EDF et Framatome pour la vente à l'étranger des opérations de maintenance et des services (56).

Si, pour l'industrie nucléaire française, les perspectives d'exportation ne sont pas catastrophiques, elles ne sont certainement pas à la hauteur de ce que cette industrie espérait il y a dix ans. Alors que l'on comptait voir se développer une industrie nucléaire indépendante et exportatrice, ce rêve semble s'éloigner de plus en plus. Inquiète du ralentissement des activités nucléaires en France et des perspectives limitées d'exportation, la CGT, principal syndicat pro-nucléaire, a affirmé que l'industrie nucléaire risquait de devenir « *l'industrie sidérurgique des années 90* » (164), ce qui menacerait un grand nombre d'emplois. Face à cette crise, l'industrie nucléaire française réagit en se lançant dans une stratégie fondée sur la diversification, hors du secteur nucléaire, et sur la restructuration des sociétés qui la composent, par le biais en particulier de vastes accords de collaboration avec d'anciens concurrents d'Europe et d'Amérique du Nord. Le rêve d'indépendance des années 70 est définitivement enterré.

3. Les problèmes de l'industrie de fabrication d'équipements nucléaires

L'industrie nucléaire française est effectivement en crise, les principales sociétés essayant de récupérer toutes les activités qu'elles peuvent, même au risque d'entrer en concurrence avec leurs anciens partenaires et de perdre leur précieuse indépendance en concluant des accords de coopération avec des partenaires étrangers. Ainsi que le déclarait le responsable du CEA en mars 1989 : « *Le secteur a un*