

SÉNAT

PREMIERE SESSION ORDINAIRE DE 1967-1968

Annexe au procès-verbal de la séance du 14 novembre 1967.

AVIS

PRÉSENTÉ

au nom de la Commission des Affaires économiques et du Plan (1),
sur le projet de loi de finances pour 1968, ADOPTÉ PAR
L'ASSEMBLÉE NATIONALE.

TOME XII

Services du Premier Ministre.

I. — Services généraux.

ENERGIE ATOMIQUE

Par M. Robert SCHMITT,

Sénateur.

(1) Cette commission est composée de : MM. Jean Bertaud, président ; Paul Mistral, Etienne Restat, Joseph Yvon, Henri Cornat, vice-présidents ; René Blondelle, Auguste Pinton, Joseph Beaujannot, Jean-Marie Bouloux, secrétaires ; Louis André, Emile Aubert, André Barroux, Aimé Bergeal, Auguste Billiemaz, Georges Bonnet, Amédée Bouquerel, Robert Bouvard, Marcel Brégégère, Raymond Brun, Michel Chauty, Henri Claireaux, Maurice Coutrot, Léon David, Alfred Dehé, Roger Delagnes, Henri Desseigne, Hector Dubois, Jacques Duclos, André Dulin, Emile Durieux, Jean Errecart, Victor Golvan, Léon-Jean Grégory, Roger du Halgouet, Yves Hamon, René Jager, Eugène Jamain, Michel Kauffmann, Henri Lafleur, Maurice Lalloy, Robert Laurens, Marcel Lebreton, Modeste Legouez, Marcel Legros, Henri Longchambon, Georges Marrane, Marcel Mathy, François Monsarrat, Jean Natali, Gaston Pams, Guy Pascaud, François Patenôtre, Marc Pautzet, Paul Pelleray, Lucien Perdereau, André Picard, Jules Pinsard, Roger Poudonson, Henri Prêtre, Eugène Ritzenthaler, Maurice Sambron, Robert Schmitt, Abel Sempé, René Toribio, Henri Tournan, Raoul Vadepiéd, Jacques Verneuil, Charles Zwickert.

Voir les numéros :

Assemblée Nationale (3^e législ.) : 426 et annexes, 455 (tomes I à III et annexe 21),
456 (tome XIV) et in-8° 65.

Sénat : 15 et 16 (tomes I, II et III, annexe 21) (1967-1968).

SOMMAIRE

	Pages.
Introduction	3
I. — Evolution des crédits accordés au Commissariat à l'Énergie Atomique.	4
II. — Production de combustible nucléaire :	
1° Politique générale en matière de recherche et d'exploitation minière	7
2° Besoins prévus.....	8
3° Production de concentré d'uranium, d'uranium métal et de plutonium	9
4° Production d'uranium enrichi : l'usine de Pierrelatte.....	9
5° Le traitement du combustible irradié : usines de Marcoule et de La Hague.....	11
III. — Production d'énergie électrique d'origine nucléaire.....	12
1° Perspectives de développement de l'énergie électrique d'origine nucléaire	12
2° Les centrales nucléaires en activité et les incidents survenus.....	13
3° Prix de revient de l'énergie électrique nucléaire.....	16
4° Production d'énergie électrique nucléaire à l'étranger.....	18
5° Le choix des filières.....	19
IV. — Activité des Centres d'Études Nucléaires.....	24
1° Étude des différentes filières.....	25
2° Recherche fondamentale.....	27
3° Autres missions du Commissariat à l'Énergie Atomique.....	30
V. — L'incidence de la construction de l'Europe sur le développement de l'énergie nucléaire.....	34
1° La politique commune de l'énergie nucléaire.....	34
2° Position du Gouvernement français vis-à-vis d'Euratom.....	35
Conclusion	39

Mesdames, Messieurs,

Les progrès accomplis en matière d'utilisation pacifique de l'énergie nucléaire se sont poursuivis en 1967 et doivent se développer en 1968.

Comme les années précédentes, votre Commission des Affaires économiques et du Plan s'est intéressée d'une façon toute particulière à la production de l'énergie électrique d'origine nucléaire qui tend à devenir compétitive avec les autres modes de production d'électricité. Elle s'est, par ailleurs, documentée sur la production de combustibles nucléaires sous toutes ses formes et elle a également étudié l'activité des différents centres gérés par le Commissariat à l'Energie atomique (C. E. A.) ainsi que le problème de l'élimination des déchets radioactifs. Enfin, elle s'est également préoccupée de l'avancement de la politique commune en matière d'énergie nucléaire.

En premier lieu, votre Rapporteur tient cependant à donner un bref aperçu de l'évolution des crédits intéressant le Commissariat à l'Energie atomique.

I. — Evolution des crédits accordés au Commissariat à l'Energie atomique.

Les ressources dont dispose le Commissariat à l'Energie atomique proviennent essentiellement :

— d'une part, du budget du Premier Ministre pour ce qui concerne les ressources analysées au chapitre 62-00, « Subvention au C. E. A. » ;

— d'autre part, du budget du Ministre des Armées à partir duquel sont effectués en cours d'année des transferts de crédits.

Le projet de loi de finances pour 1968 prévoit, au titre du chapitre 62-00 « subvention au C. E. A. », une dotation de 2.040 millions de francs en autorisations de programme et de 2.080 millions en crédits de paiement.

Cette dotation, qui s'applique aux programmes généraux du Commissariat, doit être complétée par des ressources propres et des reliquats sur exercices antérieurs.

Le tableau suivant permet la comparaison, depuis 1963, des divers moyens de financement mis à la disposition du C. E. A. pour la réalisation de son programme civil :

Programme civil du Commissariat à l'Energie atomique.

ANNEES	SUBVENTIONS inscrites au budget du Premier Ministre.	PRETS du F. D. E. S.	RESSOURCES propres du C. E. A.	RELIQUATS sur exercices antérieurs.	PROGRAMME total (autorisations de programme).
	(En millions de francs.)				
1963	1.372	150	122	»	1.644
1964	1.542	118	150	40	1.850
1965	1.664,1	120	245,9	50	2.080
1966	1.862,5	»	296	»	2.158,5
1967	1.950	»	284	30	2.264
1968	2.040	»	110	190	2.340
Différences 1968-1967.....	+ 90	»	— 174	+ 160	+ 76
Variations en pourcentage...	+ 4,6 %	»	— 6,1 %	+ 533 %	+ 3,3 %

Le programme civil du Commissariat à l'Energie atomique s'élève donc, pour 1968, à 2.340 millions de francs, en augmentation de 3,3 % par rapport au programme retenu pour 1967 (la progression était de 4,9 % dans le dernier budget).

On observe que les ressources propres du C. E. A., qui avaient été croissantes jusqu'en 1966, ont diminué en 1968 où elles ne représentent plus que 40 % des ressources propres de 1967, ainsi que l'établit clairement le tableau suivant :

Comparaison des ressources propres du Commissariat à l'Energie atomique en 1966 et en 1967.

(En autorisations de programme.)

DESIGNATION	1966	1967	1968
	(En millions de francs.)		
<i>Recettes propres :</i>			
Ventes et produits divers.....	28	28	30
Recettes Euratom.....	71	45	50
Recettes E. D. F. (études de centrales et fournitures d'éléments combustibles).....	184	198	20
Autres recettes.....	13	13	10
Totaux	296	284	110

Par rapport à 1967, les dépenses de 1968, telles qu'elles sont établies à titre prévisionnel, se comparent de la façon suivante :

	BUDGET 1967 (nouvelle définition).	PROJET de budget 1968.	DIFFERENCES
Main-d'œuvre C. E. A.....	555	607,7	+ 52,7
Main-d'œuvre personnel extérieur...	54	56,3	+ 2,3
Matières premières et consommables.	271	276,5	+ 5,5
Activités sous-traitées.....	287	298,5	+ 11,5
Dépenses diverses (hors matières fissiles	484	532	+ 48
Acquisitions d'immobilisations.....	546	426	— 120
Matières fissiles.....	20	98	+ 78
Sous-total :			
Acquisitions d'immobilisations — Matières fissiles.....	566	524	— 42
Réserve non répartie.....	47	45	— 2
Total	2.264	2.340	+ 76

Mais à côté de son programme civil, le C. E. A. poursuit, dans le cadre de la réalisation du programme militaire d'armement nucléaire, les études préparatoires aux explosions atomiques, la préparation scientifique des essais, la fourniture du plutonium et la conception de prototypes. Pour ce faire, il reçoit des crédits provenant du budget des armées (chapitres 51-88 et 51-90). Les transferts ainsi effectués sont prévus, pour 1968, en autorisations de programme, pour un montant plus élevé qu'en 1967 (2.752 millions au lieu de 2.590). Par contre, les crédits de paiement sont inférieurs en 1968 avec 2.818 millions au chiffre de 1967 (2.983).

Le tableau suivant présente un état des dotations transférées au Commissariat à l'Energie atomique de 1963 à 1966 et des prévisions de transfert pour 1967 et 1968 :

TRANSFERTS à partir du budget des Armées (Section commune.)	AUTORISATIONS de programme.	CREDITS de paiement.
	(En millions de francs.)	
Exercice 1963.....	2.157,7	1.706,2
Exercice 1964.....	2.426,6	2.118,9
Exercice 1965.....	2.458,9	2.468,6
Exercice 1966.....	2.614,8	2.779,3
Exercice 1967 (prévisions).....	2.590	2.983,5
Exercice 1968 (prévisions).....	2.752	2.818

Le C. E. A. disposera donc en 1968, pour la réalisation des programmes civil et militaire, de 5,09 milliards d'autorisations de programme et de 5,1 milliards de crédits de paiement.

II. — Production de combustible nucléaire.

1° POLITIQUE GÉNÉRALE EN MATIÈRE DE RECHERCHE ET D'EXPLOITATION MINIÈRE

La politique générale du C. E. A., dans ce domaine, demeure guidée par les principes suivants :

— maintenir entre 1.000 et 1.200 tonnes par an la production métropolitaine en l'état actuel des perspectives des réserves ;

— pousser la prospection en veillant à l'amélioration constante des méthodes, en vue de trouver de nouvelles sources d'approvisionnement, à la fois en Afrique et en Métropole ;

— poursuivre l'étude et la réalisation de toutes solutions minières dans tous pays paraissant accessibles : Amérique du Sud, Canada, Iran, etc. ;

— maintenir la compétitivité des prix de l'approvisionnement français par rapport à ceux des grands producteurs et consommateurs étrangers, tout en sauvegardant la liberté de cet approvisionnement.

Les réserves métropolitaines actuellement connues sont voisines de 40.000 tonnes et il n'y a pas lieu de modifier la prévision de quelque 50.000 tonnes précédemment établie, et qui devrait être atteinte au cours des prochaines années.

L'évaluation de l'ensemble des gisements français (C. E. A. et industrie privée) au cours des dix dernières années fait en effet apparaître un accroissement régulier des réserves, qui a été de 1.700 tonnes en 1966, malgré une production de l'ordre de 1.200 tonnes de métal contenu.

Dans ce cadre général, l'activité du C. E. A. s'exerce tant en Métropole qu'à l'extérieur.

L'inventaire des possibilités métropolitaines se poursuit méthodiquement tant dans les zones avoisinant les divisions que dans tous secteurs susceptibles de relayer ultérieurement les exploitations en cours, Hérault et Morvan notamment.

Parallèlement au C. E. A., quelques sociétés privées poursuivent également un effort notable de recherches dans les domaines d'action du Massif Central et de Bretagne. Aussi le C. E. A. a-t-il

renouvelé pour une nouvelle période de cinq ans son communiqué d'achat de minerais provenant de travaux de recherches qui expirait à la fin de l'année 1966.

A l'extérieur, où les prospections menées en Afrique d'expression française se déroulent favorablement, l'événement important de l'année 1967 aura été la décision de mise en exploitation du gisement « Arlette » en République du Niger, prise dans le cadre d'accords franco-nigérien intervenus en juillet dernier.

En 1968, le C. E. A. poursuivra ses prospections, notamment au Niger et en République Centrafricaine où les espoirs de pouvoir mettre en valeur les gisements décelés s'affirment, malgré d'importantes difficultés rencontrées dans les essais de concentration chimique.

Des envois de missions de prospections sont envisagés dans des pays dont les perspectives uranifères sont *a priori* attrayantes tels que l'Iran, l'Éthiopie et le Brésil. Des négociations sont en cours à ce sujet.

Les usines de raffinage du Bouchet (C.E.A.) et de Malvési (Société de raffinage de l'uranium) poursuivent leur activité dans des conditions techniques toujours satisfaisantes.

2° BESOINS PRÉVUS

Dans le cas de la réalisation au cours du V^e Plan, soit du programme minimum de 2,5 millions de kilowatts nucléaires (hypothèse A), soit du programme maximum de 4 millions de kilowatts nucléaires (hypothèse B), et compte tenu des centrales nucléaires déjà en service ou projetées au cours du V^e Plan, on peut, à l'heure actuelle, estimer que les besoins cumulés en uranium au cours de la période 1967-1975 seront de l'ordre de :

Hypothèse A : 7.000 tonnes de métal environ ;

Hypothèse B : 9.000 tonnes de métal.

Ces chiffres sont légèrement inférieurs à ceux antérieurement communiqués en raison d'un certain décalage dans les consommations prévues.

Naturellement, les besoins effectifs de cette période seront supérieurs puisqu'il faudra ajouter ceux des centrales prévues par le Plan suivant.

Ainsi, vers 1975, on peut estimer les besoins annuels à quelque 2.000 tonnes/an.

Ces estimations concernent le programme civil de production d'électricité d'origine nucléaire. S'y ajoutent naturellement des besoins notables pour le fonctionnement des centres à vocation militaire : Marcoule et Pierrelatte.

3° PRODUCTION DE CONCENTRÉ D'URANIUM, D'URANIUM MÉTAL ET DE PLUTONIUM

Les prévisions de production pour 1967 et 1968 en ce qui concerne les concentrés d'uranium et d'uranium métal sont les suivantes :

USINES	PREVISIONS 1967.	PREVISIONS 1968.
	(En tonnes d'uranium élément contenu.)	
Production de concentrés d'uranium :		
Ecarpière	360	380
Bessines	489	483
Bois noirs.....	245	260
Gueugnon (1).....	428	420
	<hr/> 1.522	<hr/> 1.543
U contenu dans les concentrés de thorianite expédiés :		
Madagascar	68	3

(1) Usine de traitement des préconcentrés d'origine gabonaise.

La production d'uranium métal, le traitement des combustibles irradiés et la production de plutonium se poursuivent conformément au programme prévu.

4° PRODUCTION D'URANIUM ENRICHI : L'USINE DE PIERRELATTE

L'ensemble des usines de séparation des isotopes de l'uranium par diffusion gazeuse de Pierrelatte est en production depuis le 1^{er} avril 1967. Depuis la mise en exploitation de l'usine basse

intervenue en janvier 1965, les autres unités ont été progressivement mises en marche :

- l'usine moyenne à la fin de l'été de la même année ;
- l'usine haute au printemps 1966 ;
- le premier groupe de l'usine très haute ayant démarré le 1^{er} septembre 1966 ;
- la production à la teneur nominale a débuté au 1^{er} avril 1967.

Les quantités d'hexafluorure d'uranium enrichi à plus de 90 % produites par l'ensemble des usines ont été transformées en métal dans l'unité de récupération et d'élaboration, qui a commencé de fonctionner fin 1966.

A l'heure actuelle, l'ensemble des usines de Pierrelatte se trouve donc en production depuis le printemps, avec une avance de plus de trois mois sur le planning le plus récent et les quantités de produits très enrichis sont depuis cette époque livrées aux consommateurs :

- le département de propulsion nucléaire du C. E. A. pour la fabrication de cœurs de sous-marins ;
- et la direction des applications militaires du C. E. A. pour la fabrication des engins.

L'ensemble industriel de Pierrelatte, qui est entré en production au printemps, fonctionne dans d'excellentes conditions de marche et de rendement.

Les usages militaires nécessitent un uranium très fortement enrichi. Par contre, les réacteurs électrogènes qui emploient des combustibles à uranium enrichi sont de plusieurs types et la teneur de cet uranium varie suivant les filières. Mais tous ces réacteurs de puissance font appel à de l'uranium à faible teneur isotopique, de l'ordre de 3 % le plus souvent.

L'usine de séparation isotopique de Pierrelatte a été conçue et réalisée pour la satisfaction des besoins de la force nucléaire française, c'est-à-dire essentiellement pour la production de quantités limitées d'uranium très enrichi, et ceci explique le nombre élevé et la dimension des étages. Seule la production de l'usine basse se situe dans la bande des teneurs à usage civil. En outre, la taille relativement restreinte des étages, comparée à celle des usines américaines de diffusion gazeuse, fait que l'actuelle usine basse ne pourrait pas produire à elle seule les quantités nécessaires.

à l'alimentation d'un programme français de centrales de puissance utilisant l'uranium enrichi. Enfin, et toujours en raison de la modeste dimension des installations, le prix de l'uranium faiblement enrichi ainsi élaboré serait prohibitif pour un tel usage civil.

Toutefois, la réalisation de Pierrelatte, aboutissement d'un important volume de recherches techniques, a permis au C. E. A. et à l'industrie privée d'acquérir un savoir faire dans ce domaine qui n'est partagé dans le monde occidental que par les Etats-Unis et la Grande-Bretagne. La France serait donc particulièrement bien placée dans le cas d'un projet de construction d'une usine européenne d'uranium faiblement enrichi à fins civiles, il est nécessaire pour en établir la validité économique de mener un programme d'études et de réalisations jusqu'au niveau des prototypes de composants.

5° LE TRAITEMENT DU COMBUSTIBLE IRRADIÉ : USINES DE MARCOULE ET DE LA HAGUE

On sait que l'usine de Marcoule traite du combustible irradié depuis 1958. Après la première période d'essais (juin-juillet 1966), l'usine de La Hague (connue sous le sigle U. P. 2) est entrée en 1967 en exploitation industrielle et traite le combustible irradié dans les réacteurs de l'E. D. F. La capacité nominale de 2 tonnes/jour a été atteinte et l'on peut espérer que la capacité nominale de 500 à 600 tonnes/an pourra être accrue.

En fait, l'usine de La Hague a extrait ses premiers kilogrammes de plutonium en 1967. En 1968, un atelier de traitement des combustibles de Rapsodie entrera en exploitation.

Les usines actuelles de Marcoule et de La Hague suffiront au traitement des combustibles irradiés des réacteurs de l'Electricité de France jusqu'en 1973, pour en extraire le plutonium. On étudie maintenant les meilleures solutions convenant au retraitement des combustibles enrichis en matières fissiles (Phénix, Célestin, réacteurs de sous-marins et réacteurs de recherches...) pour lequel la construction d'installations spécialisées pourrait être nécessaire dans les toutes prochaines années. Les mesures permettant d'harmoniser la production et les achats de plutonium avec les divers besoins du programme français sont à l'étude.

III. — Production d'énergie électrique d'origine nucléaire.

1° PERSPECTIVES DE DÉVELOPPEMENT DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE D'ORIGINE NUCLÉAIRE

La politique du Gouvernement en matière de production nucléaire d'électricité a été définie par le Conseil des Ministres du 16 décembre 1964. Le V^e Plan l'a exprimée dans les termes suivants :

« Le programme à engager pour la génération d'électricité nucléaire a été fixé à 2.500 MW, en prolongeant les développements actuels des techniques françaises ; il comporte en outre une tranche optionnelle de 1.500 MW. »

Ce programme, qui correspond au minimum à 500 MW par an en moyenne, est sensiblement plus important que celui du IV^e Plan, qui était de 200 MW par an.

Saint - Laurent - des - Eaux 2 (515 MW) et Fessenheim 1 (650-700 MW) constituent les deux premières unités de ce programme. Il s'y ajoute la participation d'E. D. F. à la centrale franco-espagnole de Vandellos qui sera identique aux deux tranches de Saint-Laurent-des-Eaux. Cette participation de 25 % correspond à une puissance de 120 MW. La puissance totale engagée au titre des années 1966 et 1967 s'élève ainsi à environ 1.300 MW dans la filière gaz-graphite-uranium naturel.

Les programmes des centrales nucléaires des années 1968 à 1970 n'ont pas encore été déterminés de façon précise. Il a seulement été décidé que le C. E. A., en liaison étroite avec E. D. F., engagerait en 1969 une centrale prototype surrégénératrice dénommée Phénix.

Du 1^{er} août 1966 au 31 juillet 1967, la production d'électricité nucléaire a atteint 1.662 GWh qui se répartissent comme suit :

Marcoule	522
Centrale de Chinon	1.033
Centrale de Chooz (part française).....	107

La production nucléaire se développera rapidement au cours des prochaines années avec la mise en service de Saint-Laurent 1 et 2 en 1968 et 1970. Elle représentera un peu plus de 12 % des

besoins en 1975. Jusqu'à cette date, les prévisions sont relativement sûres, les centrales en service à l'époque devant être engagées au cours du V^e Plan :

	PRODUCTION	CONSOMMATION d'électricité.
	(En TWh [1].)	
1965	0,9	102,5
1966	1,5	109
1967	2,5	115
1970	9	146
1975	25	210
1980	50 — 80	300

(1) TWh : terawattheure = 1 milliard de kilowattheures.

2° LES CENTRALES NUCLÉAIRES EN ACTIVITÉ ET LES INCIDENTS SURVENUS

A. — Les centrales de Chinon.

Les centrales E. D. F. 1, E. D. F. 2 et E. D. F. 3 implantées à Chinon ont été couplées au réseau respectivement les 14 juin 1963, 24 février 1965 et 4 août 1966.

Le fonctionnement d'E. D. F. 1 en 1966 a été satisfaisant : cette unité a fourni 363 millions de kWh et le facteur d'utilisation de la puissance maximale (60 MW) a été de 69 %. N'étant pas équipée d'appareil de déchargement en marche, E. D. F. 1 a été arrêtée pendant sept mois en 1967 pour permettre le renouvellement du combustible de 610 canaux.

En 1966, E. D. F. 2 a produit 532 GWh et le facteur d'utilisation de sa puissance maximale (200 MW) a été de 30 %. Les indisponibilités étaient surtout dues au mauvais fonctionnement des turbines. Depuis le 1^{er} janvier 1967, la production d'E. D. F. 2 a dépassé 730 millions de kWh, ce qui correspond à une amélioration très nette de la disponibilité. Les difficultés de mise au point semblent être maintenant définitivement surmontées.

Le démarrage d'E. D. F. 3 a été marqué par trois incidents.

Le premier incident, qui a entraîné l'arrêt d'E. D. F. 3 le 10 octobre 1966, était dû à un défaut de graissage des paliers de l'un des deux turbo-alternateurs. Ce défaut était lui-même la conséquence d'un mauvais branchement d'un indicateur de pression d'huile et de certaines particularités du circuit électrique de commande des pompes de graissage. Les réparations nécessaires ont été achevées en décembre 1966.

Le mauvais fonctionnement du dispositif de détection de rupture de gaine est apparu également en octobre 1966. Ce dispositif permet d'analyser le gaz carbonique prélevé au-dessus de chacun des 3.200 canaux du réacteur afin de s'assurer de l'intégrité des gaines enveloppant l'uranium des éléments combustibles. Lors de la conception des circuits des tubes en acier inoxydable qui permettent de faire les prélèvements de gaz carbonique, il n'a pas été tenu compte de certaines contraintes dues à des différences de température. Sous l'effet de ces contraintes, les tubes ont été tordus et arrachés à l'intérieur du réacteur. Il a fallu les remplacer et modifier certains tracés ; les travaux n'ont pu être achevés que le 24 juin 1967.

Le troisième incident, le plus grave, a été l'apparition de fuites dans les échangeurs de chaleur. Dans 470 kilomètres de tubes, le gaz carbonique chaud qui sort du réacteur cède de la chaleur à l'eau qu'il chauffe, vaporise puis surchauffe. Les tubes qui présentent des fuites sont des tubes ailetés des parties économiseur et vaporisateur des échangeurs. L'ailetage est réalisé par laminage à froid de tubes lisses en utilisant des molettes d'acier spécial. Les fuites ont été causées par des éclats de molettes qui se sont incrustés dans le métal des tubes.

Il a été décidé de remplacer l'ensemble des échangeurs de chaleur. Ce remplacement pourra être fait progressivement pendant la marche du réacteur ; il commencera au début de l'année 1968 et durera environ 18 mois.

Le 24 juin 1967, dès la remise en état de la détection de rupture de gaine, une divergence du réacteur a eu lieu. Après l'arrêt prolongé de la centrale, il était indispensable de refaire de nombreux essais et E. D. F. 3 n'a été couplé au réseau que le 2 octobre 1967. Sa puissance restera évidemment inférieure à la puissance nominale (480 MWe) tant que les échangeurs n'auront pas été complètement réparés.

Les incidents de démarrage auront ainsi entraîné *un arrêt complet de la centrale pendant environ un an et une indisponibilité partielle d'une durée de l'ordre de deux ans.*

Il faut d'ailleurs noter que des incidents aussi graves se sont produits à l'étranger sur des réacteurs de puissance et ceci, quelle que soit la filière utilisée. Nous citerons à titre d'exemple :

— aux Etats-Unis, un arrêt de sept mois sur le réacteur de Dresden (200 MWe eau bouillante) du fait de fissures dans le mécanisme des barres de commande et dans les barres elles-mêmes ;

— en Angleterre, un arrêt d'un an du réacteur de Hinckley Point A (2×250 MWe gaz graphite) du fait, au cours des essais, de l'explosion d'un diffuseur de soufflante et de fuites dans les tubes d'échangeurs ;

— en Italie, un arrêt de l'ordre de six mois du réacteur de Garigliano (150 MWe eau bouillante) du fait de défauts dans le générateur de vapeur et des barres de contrôle.

B. — *Saint-Laurent-des-Eaux I.*

Cette centrale, de même puissance qu'E. D. F. 3 (480 MWe) et de caractéristiques générales assez voisines, comporte cependant un circuit primaire intégré (1). Commencée en 1963, elle est en voie d'achèvement et sa divergence est prévue pour 1968.

C. — *La centrale franco-belge de Chooz (Ardennes).*

La divergence de cette centrale a eu lieu le 18 octobre 1966. Mais en janvier 1967, au cours des essais, un incendie s'est déclaré dont l'origine était l'inflammation d'un écran de protection contre les neutrons situé autour de la partie supérieure de la cuve du réacteur.

Cet écran était constitué d'une substance susceptible de s'enflammer, dans certaines conditions, aux alentours de 120 degrés. L'écran a été modifié et les essais ont pu reprendre après quinze jours d'interruption. Les dégâts causés par cet incendie n'ont pas été très importants.

La centrale a été couplée au réseau le 3 avril et a produit depuis plus de 270 millions de kWh.

(1) Les circuits de gaz carbonique et les échangeurs sont intégrés dans le caisson en béton précontraint du réacteur, ce qui réduit le coût de construction de la centrale tout en améliorant sa sécurité.

D. — *La centrale expérimentale E.L.4 de Brennilis.*
Type filière à eau lourde (refroidissement par gaz carbonique).

Ce réacteur expérimental à uranium légèrement enrichi et modéré à l'eau lourde d'une puissance de 80 MWe a divergé le 23 décembre 1966. Ce réacteur doit permettre notamment de mener en commun avec des industriels français, allemands et suisses l'étude technique et économique de diverses variantes de grandes centrales de puissance (600 MWe) modérées à l'eau lourde.

Les essais qu'il était prévu de faire avant la montée en puissance se sont déroulés normalement. Le premier couplage au réseau a eu lieu le 9 juillet 1967.

La puissance électrique nette de la centrale a atteint 25 MWe au début du mois d'août. Un arrêt a été décidé le 11 août 1967 pour faire quelques mises au point (en particulier sur les turbos-soufflantes) avant la marche à la puissance nominale (80 MWe).

En 1968, les études relatives aux réacteurs modérés à l'eau lourde et refroidis par gaz seront limitées à l'utilisation d'E.L.4 comme banc d'essai de combustibles et à l'optimisation du fonctionnement d'E.L.4.

3° PRIX DE REVIENT DE L'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE NUCLÉAIRE

Il est encore difficile de dégager un prix de revient significatif de l'électricité d'origine nucléaire.

E.D.F. paye au C.E.A. les calories produites par les réacteurs de Marcoule à un prix déterminé, de telle sorte que le coût de l'électricité produite soit aligné sur celui des autres productions fournies au réseau d'interconnexion.

A Chinon, les mises en service des centrales sont encore trop récentes pour qu'aient été surmontées depuis longtemps les « maladies de jeunesse ».

Chinon 1 et 2 ont été réalisées pour acquérir l'expérience indispensable et pour faire progresser la technique ; le prix de revient de leur production électrique dépassera celui de la pro-

duction thermique équivalente d'un montant qui doit être considéré comme une dépense de recherches et d'expérimentation.

Il en sera de même pour la centrale franco-belge de Chooz utilisant l'uranium enrichi qui produit le kWh à un prix supérieur à celui du thermique classique.

Le coût prévisionnel du kWh d'E.D.F. 3 qui avait été établi en 1964 par la Commission consultative pour la production d'électricité d'origine nucléaire était équivalent à celui du kWh thermique classique pour une durée d'utilisation annuelle de 5.700 heures, soit 65 %. Il ne semble pas que cette prévision ait été confirmée par les faits.

Pour les centrales nucléaires suivantes, Saint-Laurent-des-Eaux I et Bugey I, les dépenses d'investissements comportent une grande part de frais d'études et de mise au point car ce sont des centrales prototypes. Le prix de revient du kWh dans ces centrales n'est donc pas représentatif de la filière graphite-gaz ; il sera supérieur au prix de revient du kWh des centrales thermiques classiques les plus modernes d'une quantité que l'on doit considérer comme une dépense de recherches et d'expérimentation.

Saint-Laurent-des-Eaux II, qui doit être mise en service en 1970, est la première centrale qui ne soit pas un prototype. Dans les conditions économiques de 1966, avec un taux d'actualisation de 7 %, une utilisation de 6.800 heures par an pendant 20 ans, le coût moyen actualisé de l'électricité produite dans cette centrale devrait s'élever à 3,1 centimes/kWh.

Avec les mêmes hypothèses et le même mode de calcul, on arrive à un coût de 3,3 centimes/kWh pour la tranche de 600 MW au fuel qui va être mise en service vers la fin de l'année à Porcheville.

Cette comparaison économique sommaire illustre le fait que Saint-Laurent-des-Eaux II devrait être compétitif avec les centrales au fuel les plus modernes lorsque le prix du fuel est supérieur à 0,80 centime par thermie. Les premiers devis qui ont été faits pour Fessenheim I confirment le niveau prévu pour Saint-Laurent-des-Eaux II.

Votre rapporteur ajoutera qu'il s'agit d'une centrale à réacteur uranium naturel-graphite-gaz qui, indépendamment de la production d'électricité envisagée, doit continuer en 1968 les études qui restent en cours sur l'amélioration de la fiabilité et des performances.

Notamment la mise au point d'éléments combustibles à âme de graphite insensible au fluage de l'uranium sera poursuivie activement de même que les études relatives à la stabilité dimensionnelle du graphite sous irradiation.

4° PRODUCTION D'ÉNERGIE ÉLECTRIQUE NUCLÉAIRE A L'ÉTRANGER

La situation actuelle de la production d'électricité d'origine nucléaire dans les principaux pays industriels peut être caractérisée par les chiffres suivants :

	PUISSANCE installée le 1 ^{er} juin 1967 (MWe bruts).	PRODUCTION cumulée depuis l'origine jusqu'au 1 ^{er} juin 1967 (TWh bruts).
Grande-Bretagne	4.048	78
Etats-Unis	1.950	27
U.R.S.S.	415	inconnue
France (*)	968	5,6
Italie	622	11,8
Belgique (*)	143	0,3
Canada	22	0,7
Allemagne de l'Ouest.....	302	1,4
Japon	181	0,7
Suède	10	0,1
Suisse	0	0

(*) La puissance et la production électriques de la centrale franco-belge de Chooz (Ardennes) ont été attribuées pour moitié à la France, pour moitié à la Belgique.

Dans tous les pays, la production d'électricité d'origine nucléaire représente une faible part de la production totale d'électricité. En 1966, cette part a été de l'ordre de 10 % en Grande-Bretagne, 4 % en Italie, 1,3 % en France et 0,5 % aux Etats-Unis.

Dans l'Europe des Six, l'Italie, pauvre en énergie indigène, a fait des débuts nucléaires rapides en faisant appel au concours de techniques anglaises et américaines ; depuis 1961, il n'y a pas eu de commandes de centrales nucléaires, mais plusieurs

projets sont actuellement étudiés. L'Allemagne, qui a déjà en service ou en construction plusieurs centrales nucléaires, envisage de mettre en service vers 1972-1973 deux nouvelles centrales à eau légère utilisant de l'uranium enrichi et de commencer la construction, avant 1970, de deux centrales surrégénératrices. La Belgique a procédé à des consultations d'industriels pour deux centrales de 700 MW environ.

La Suisse ne dispose plus de beaucoup de sites hydro-électriques à équiper, compte tenu de la hausse du loyer de l'argent. Les possibilités d'implantation de centrales sont également limitées pour des raisons de pollution atmosphérique. Le nucléaire constitue donc un recours opportun. Trois centrales sont en cours de construction : deux à eau légère — uranium enrichi (300 et 350 MWe) — et une à eau lourde — uranium naturel (8 MWe).

En Grande-Bretagne, le Gouvernement a décidé la mise en service de 8.000 MWe nucléaires au cours des six années 1970-1975. Plus de 40 % de la puissance électrique commandée chaque année devrait désormais être nucléaire.

Aux Etats-Unis, la puissance des centrales nucléaires commandées en 1966 a représenté plus de 50 % de la puissance de l'ensemble des centrales commandées la même année bien que les prix des combustibles fissiles soient, dans ce pays, notablement inférieurs aux prix européens.

L'U.R.S.S. qui dispose d'importantes ressources d'énergie à bon marché semble rester actuellement dans l'expectative, tout en poussant ses études de techniques avancées — en particulier celle des réacteurs surrégénérateurs.

5° LE CHOIX DES FILIÈRES

Pendant des années, la politique française de construction de centrales nucléaires a été dominée par l'affirmation dogmatique que seuls les réacteurs à uranium naturel modéré au graphite et refroidi au gaz carbonique — la filière « graphite-gaz » — répondaient à nos besoins.

A la vérité, à côté de cette filière utilisée pour les trois centrales de Chinon, celles de Saint-Laurent-des-Eaux et celles qui sont prévues dans le cadre du V^e Plan, il existe une filière à l'uranium enrichi utilisée par les constructeurs américains de la

General Electric (uranium enrichi, eau ordinaire) et par les constructeurs anglais du réacteur A. G. R. (1) (haute température, uranium enrichi, graphite et gaz).

D'ailleurs, la France est le seul pays à prôner jusqu'alors d'une manière inconditionnelle l'emploi de l'uranium naturel comme combustible.

Le succès des centrales nucléaires de la General Electric et de Westinghouse, à uranium enrichi a amené, cependant, la France à se poser la question de savoir s'il fallait modifier son orientation première.

Electricité de France, notamment, soucieuse de produire et de vendre des kilowatts-heures au meilleur compte, a posé le problème dans son rapport annuel de gestion, dès 1965, et à nouveau en 1966, dans les termes suivants :

« Devant l'intérêt économique de l'énergie nucléaire, il pourra être opportun d'envisager l'exécution du programme maximum de 4 millions de kilowatts et, dans cette perspective, le Service national comme le Commissariat à l'Energie atomique estiment que la possibilité d'explorer complémentaiement telle ou telle filière de réacteur éprouvé utilisant de l'uranium enrichi et connaissant d'importantes applications à l'étranger ne devrait pas être exclue. » (2)

Et, dans le rapport de 1966, Electricité de France précise à nouveau :

« Dans le cadre du V^e Plan, le programme ferme des centrales nucléaires est axé sur l'exploitation de la filière uranium naturel graphite-gaz mais, ainsi que cela a été souligné dans le rapport de l'année 1965, notre établissement ne peut se désintéresser pour autant des autres techniques ; animé par le souci de produire l'énergie électrique dans les meilleures conditions d'économie et de sécurité, il en suit le développement avec une extrême attention. » (3)

Ce problème crucial du choix des filières fait actuellement l'objet des travaux de la Commission consultative pour la production d'électricité d'origine nucléaire qui, sous la présidence de M. Couture, Secrétaire général à l'Energie, examine actuellement les perspectives des différentes filières dans le contexte français.

(1) Advanced Gas Reactor.

(2) Rapport de gestion d'Electricité de France de 1965 (p. 28).

(3) Rapport de gestion d'Electricité de France de 1966 (p. 28).

Des premières études qui ont été faites, on peut avancer les conclusions suivantes :

1° Compte tenu de la diminution de leur coût de construction, il faut continuer à construire des centrales à uranium naturel et, pour cela, franchir la prochaine étape qui est inscrite au V^e Plan, à savoir la réalisation de la centrale de 650 MW de Fessenheim sur le Rhin.

2° Il a paru souhaitable que la France acquière une expérience valable en matière de centrales à uranium enrichi compte tenu de l'importance de la contribution que ce genre d'installations peut apporter à l'équipement nucléaire du pays dans les années à venir. On pourrait donc concevoir l'engagement d'une centrale à uranium enrichi modérée et refroidie à l'eau, d'une puissance d'environ 600 MW, dans l'actuel Plan de développement économique et social.

Mais cette conclusion pose le double problème de l'approvisionnement en combustible et des conditions de construction de cette centrale.

L'étude de la réalisation, en France, d'un programme de réacteurs à uranium enrichi ne peut donc, en premier lieu, être dissociée de celle de son approvisionnement.

Evidemment, une solution possible consiste à avoir recours aux sources américaines ou anglaises, mais indépendamment du contrôle d'utilisation pacifique auquel est soumis cet uranium, le Gouvernement français peut considérer qu'il n'est pas admissible, tant sur le plan politique que sur celui de l'indépendance énergétique, de dépendre de cette seule source d'approvisionnement, si ce type de réacteur devait constituer un jour une part notable du parc de centrales nucléaires en France. Le problème d'une source d'approvisionnement nationale doit donc être examiné.

En pratique, la production de grandes quantités d'uranium faiblement enrichi destiné à alimenter les centrales nucléaires implique des débits de production beaucoup plus grands que ceux d'une usine produisant des quantités limitées d'uranium à fort enrichissement. C'est pourquoi une telle option impliquerait la construction de nouveaux étages de séparation de taille importante pour traiter efficacement de tels débits.

Deux optiques peuvent être alors envisagées selon l'importance du programme éventuel des centrales à uranium enrichi. Si les besoins sont relativement modestes, on peut envisager

d'ajouter à l'usine basse actuelle de Pierrelatte de gros étages, ce qui conduirait à un complexe produisant à la fois de l'uranium à usage militaire et de l'uranium à usage civil. Par contre, si l'importance du programme d'électricité d'origine nucléaire l'imposait, des étages encore plus gros devraient être construits en réutilisant toutefois le maximum d'éléments existants et l'on serait probablement conduit à séparer les deux ensembles, sans les rendre pour autant totalement indépendants l'un de l'autre, l'un spécifiquement militaire, l'autre tourné largement vers les applications civiles en les situant toutefois tous deux à Pierrelatte.

Le prix de revient de l'uranium n'a pas une valeur fixe, mais dépend de la taille des usines, donc de la puissance d'électricité nucléaire installée. L'effet de taille est un facteur très favorable à la diminution du prix de revient de l'uranium enrichi et l'on a intérêt à prévoir une production importante si l'on veut s'approcher d'assez près du prix américain. La question se pose alors de savoir s'il ne faut pas chercher à dépasser le cadre purement national.

A la vérité, on peut concevoir à la fois l'extension de l'usine de Pierrelatte et la participation de la France à une usine de séparation isotopique construite dans le cadre de l'Europe.

En ce qui concerne la première solution, pour alimenter une puissance installée de 10.000 MW, la dépense s'élèverait, d'après certains calculs, à 1,5 milliard de francs environ.

Dans le cadre de la deuxième solution, pour fournir en combustible des centrales totalisant une puissance installée de quelque 80.000 MW, il faudrait réaliser un investissement de 8 milliards de francs environ (soulignons que les installations de Pierrelatte ont coûté 5 milliards de francs environ).

Si une telle usine était réalisée par tous les pays européens qui participent à l'organisation européenne de recherches spatiales et si les dépenses étaient réparties, comme au sein de cette organisation, proportionnellement au revenu national, la part de la France serait de 18 % et la dépense à laquelle elle devrait consentir de 1 milliard 1/2 de francs environ. Notre pays pourrait alors disposer, toujours selon la même clé de répartition, d'une quantité d'uranium enrichi suffisante pour alimenter une puissance électrique installée de 15.000 MW environ.

On mesure par ces quelques développements la complexité du problème de l'approvisionnement en uranium enrichi.

Mais la réalisation en France d'un programme de réacteur à uranium enrichi pose également la question de savoir dans quelles conditions ce réacteur sera construit.

Doit-on se borner à faire construire ces centrales par une industrie française qui travaillerait sous licence américaine ? Doit-on, au contraire, envisager de mettre au point en France un nouveau modèle de centrale à uranium enrichi et eau légère ? Choisira-t-on la voie de l'acquisition de licences ou celle d'un effort national ?

Votre Commission des Affaires économiques et du Plan demande au Gouvernement d'informer le Sénat des conclusions auxquelles il est maintenant arrivé et des orientations qu'il compte donner dans les années qui viennent à la production d'énergie électrique d'origine nucléaire.

IV. — **Activité des Centres d'Études Nucléaires.**

L'année 1967 est encore une année importante dans les programmes du C. E. A. Elle a été riche en réalisations : mise en service de Rapsodie, premier réacteur français à neutrons rapides, achèvement et mise en exploitation de l'ensemble de l'usine de Pierrelatte, démarrage du complexe de production du tritium Célestin, première production de plutonium à La Hague... mise en service du réacteur expérimental à eau lourde et gaz, EL. 4 à Brennilis..., découverte d'importants gisements d'uranium en Afrique, etc...

La percée aux U. S. A. des centrales à eau à uranium enrichi, l'orientation des Anglais vers les centrales graphite-gaz de type AGR, également à uranium enrichi, la comparaison des caractéristiques économiques de ces filières avec celles de la filière graphite-gaz à uranium naturel développée jusqu'à présent en France ont incité la Commission consultative pour la production d'électricité d'origine nucléaire à reprendre ses travaux pour préciser le contenu de la tranche nucléaire optionnelle du V^e Plan (1.500 MWe en sus des 2.500 MWe décidés en réacteurs graphite-gaz), et les orientations à donner aux programmes de centrales nucléaires du VI^e Plan.

En matière de recherche fondamentale, en dehors de la poursuite des actions déjà engagées, une grande activité s'est manifestée autour du projet du grand accélérateur national, tant au C. E. A. chargé par la D. G. R. S. T. (Délégation générale de la Recherche scientifique et technique) de l'étude technique des projets que dans les autres laboratoires français.

Les programmes du C. E. A. gardent donc un aspect particulièrement dynamique, les domaines auxquels ils s'appliquent étant à la pointe de la technique et de la recherche.

Après une phase de grande expansion, les principaux moyens nécessaires sont maintenant rassemblés au C. E. A. pour exploiter les résultats obtenus et poursuivre les actions nécessaires au développement de l'énergie nucléaire en France. Dans les secteurs civils, seul celui de la recherche fondamentale reste en accroissement notable. Les programmes du C. E. A. concernant la recherche appliquée font l'objet, de leur côté, d'examens attentifs qui se traduisent par les reconversions rendues nécessaires par l'évolution des diverses activités.

Nous verrons successivement :

- les différentes filières ;
- la recherche fondamentale ;
- les radio-isotopes et l'utilisation du rayonnement ;
- enfin, les autres missions du C. E. A.

1° ETUDE DES DIFFÉRENTES FILIÈRES

L'état actuel des diverses filières de réacteurs électrogènes ne permet pas encore de déterminer avec certitude les options techniques qui seront les meilleures dans le contexte national pour les centrales françaises à moyen et long terme, ainsi que nous l'avons précisé précédemment.

A. — *Filière uranium naturel graphite-gaz.*

A partir du réacteur E. D. F. 1, la responsabilité des centrales de cette filière a été confiée à E. D. F., avec l'assistance technique du C. E. A. pour la partie nucléaire. Le Commissariat conserve cependant la responsabilité de la mise au point et de la fabrication des éléments combustibles.

Indépendamment de la sous-filière Saint-Laurent-des-Eaux déjà évoquée, il a été décidé, pour la sous-filière Inca, d'attendre les enseignements de l'exploitation du réacteur Bugey I, dont la mise en service industrielle est prévue pour 1972 avant d'envisager la poursuite d'un programme dans cette sous-filière dont l'intérêt se ferait sentir pour des réacteurs de puissance importante (1.100 à 1.200 MWe). Les études prévues en 1968 seront donc limitées à celles à exécuter en liaison avec Electricité de France, pour ce seul objectif.

B. — *Filière à eau lourde.*

— soit refroidi par gaz carbonique — c'était le cas de Brennilis ;

— soit refroidi en faisant appel à d'autres fluides caloporteurs que le gaz.

Parmi ceux-ci, les réacteurs canadiens faisant appel à l'eau lourde pressurisée seront particulièrement examinés. Leur prototype Candu a divergé en 1966 et deux centrales de 500 MWe sont en construction et doivent entrer en service en 1970 et 1971.

Par ailleurs, les études entreprises par le C. E. A. sur les réacteurs refroidis par eau lourde bouillante seront poursuivies.

C. — *Filière à eau ordinaire.*

La Commission consultative examine l'intérêt pour la France de centrales de ce type. Pour ce qui est du C. E. A., son acquis, dû à la réalisation du prototype à terre de réacteur propulseur de sous-marin, lui donne une compétence particulière dans la variante à eau pressurisée.

Dans l'attente d'une décision éventuelle de réalisation d'un prototype de centrale à eau ordinaire en France, il est prévu en 1968 de définir et d'effectuer les compléments d'études expérimentales nécessaires pour valoriser cet acquis du C. E. A. notamment dans le domaine des échanges thermiques.

Par ailleurs, la documentation technique et économique sur les réalisations industrielles dans les deux variantes en divers pays sera poursuivie.

D. — *Filière graphite-gaz de type avancé.*

Le déroulement du programme anglais A. G. R. (1) sera suivi de près en s'intéressant particulièrement aux problèmes de matériaux qui conditionnent l'élévation de température du gaz caloporteur.

Par ailleurs, le C. E. A. continuera à se tenir au courant des progrès des réacteurs à très haute température Dragon et A. V. R. (2), la France participant à ces deux projets par l'intermédiaire d'Euratom.

E. — *Filière des réacteurs surrégénérateurs à neutrons rapides.*

Le réacteur expérimental Rapsodie a divergé le 28 janvier 1967 et sa montée en puissance s'est effectuée dans des conditions remarquables en deux mois environ.

En 1968, l'exploitation de Rapsodie permettra de faire avancer les études sur la filière en poursuivant la définition précise des caractéristiques de fonctionnement. Rapsodie sera également utilisée pour les essais d'irradiation, en particulier pour les combustibles de Phénix et de la filière.

Le réacteur Phénix de 250 MWe, dont la construction à Marcoule à partir de 1969 a été décidée, fera l'objet d'un grand nombre d'études. L'avant-projet et l'estimation doivent en être terminés

(1) Advanced Gas Reactor.

(2) Arbeitsgemeinschaft Versuchs Reaktor.

au début de 1968. L'année 1968 sera consacrée aux études de réalisations des constituants de ce réacteur, en particulier des éléments combustibles.

La bonne marche de Rapsodie est donc pour le C.E.A. davantage qu'une légitime satisfaction. Dans la période présente, elle fait de la France l'un des rares pays qui disposent d'un réacteur d'irradiation sous flux de neutrons rapides, ce qui est un atout important puisque d'une part, le réacteur Enrico Fermi, aux Etats-Unis, ne sera pas réparé avant au moins six mois, que le D. F. R. (1) anglais connaît à son tour des difficultés de fonctionnement et que, d'autre part, B. R. 5 en U. R. S. S. et E. B. R. 2 (2) aux Etats-Unis sont réservés aux programmes nationaux. Cet atout, que nous envient de nombreux pays, en particulier l'Allemagne et l'Italie, doit être bien employé, de manière à faire de Phénix une nouvelle réussite.

Les premiers travaux de génie civil préparant la construction de Phénix commenceront à Marcoule dès le second semestre de 1968. On pense que la construction devrait commencer en 1969. Phénix arrivera alors dans une période de dure concurrence : le P. F. R. (3) anglais, le B. N. 350 russe, les deux réacteurs allemands aujourd'hui encore en projet et qui sait si les Américains mettant les bouchées doubles n'auront pas aussi alors quelque réalisation en chantier ? Du succès de Phénix dépendront en France celui de la filière des réacteurs à neutrons rapides, et dans le monde, celui des techniques françaises de ces réacteurs d'un type nouveau.

Après la production d'électricité, l'application la plus importante des réacteurs de puissance est la propulsion navale.

Le prototype à terre du réacteur propulseur de sous-marin sera exploité pour l'instruction de l'équipage du *Redoutable* dont l'ensemble propulseur sera terminé en 1968.

La construction du réacteur du deuxième sous-marin *Le Terrible* se poursuivra pendant toute l'année 1968.

2° RECHERCHE FONDAMENTALE

Le programme de recherches fondamentales constitue une part importante des activités du C.E.A. L'expérience de plus de vingt années a témoigné de l'excellente adaptation des structures du C.E.A. aux besoins de la recherche et aux impératifs de réali-

(1) Dounreay East Reactor.

(2) Experimental Breeder Reactor.

(3) Prototype Fast Reactor.

sation et de gestion de grands ensembles expérimentaux. Le C.E.A. comme le font d'ailleurs ses homologues américains ou soviétiques exerce là un véritable service public aux dimensions de la Nation.

Au moment où le développement de la recherche constitue une des préoccupations constantes du Gouvernement, le C.E.A. dispose déjà de tout ce qui est indispensable à l'accueil, l'encadrement et l'encouragement des jeunes chercheurs. C'est pourquoi il est logique d'en tirer profit en considérant que la recherche fondamentale au C.E.A. qui occupe environ 5 % des effectifs totaux devra recevoir un développement en harmonie avec celui prévu dans le Plan du pays pour les activités concernées.

Pour ces mêmes raisons on peut prévoir que le C.E.A. sera associé largement à la réalisation et à l'exploitation des grandes installations expérimentales comme les grands accélérateurs de particules qui ne pourront être financés qu'à l'échelle nationale.

Parmi l'ensemble des recherches menées au C.E.A., on insistera sur les points suivants :

Physique des particules élémentaires.

L'accord de collaboration franco-soviétique, permettant aux physiciens français d'installer la grande chambre à bulles à hydrogène liquide Mirabelle auprès de l'accélérateur de 70 GeV de Serpoukhov a été signé en fin 1966. Il a été suivi en 1967 par un accord C.E.R.N.-U.R.S.S. auquel la France est également intéressée. L'accélérateur de Serpoukhov entrera en service à la fin de 1968 ou 1969, Mirabelle en construction à Saclay y sera transportée à la fin de 1969. Toujours dans le domaine des chambres à bulles, la réalisation pour le C. E. R. N. (Centre d'Etudes et de Recherches nucléaires) de Gargamelle, chambre à liquides lourds, se poursuit à Saclay, elle devra entrer en service en 1969.

Enfin, c'est une équipe du C.E.A. qui dirige la construction de la chambre géante à hydrogène liquide qui doit être installée auprès du synchrotron du C.E.R.N. (mise en service en 1971).

L'exploitation des clichés de plus en plus nombreux obtenus dans ces grandes chambres rend nécessaire la réalisation d'équipements automatisés d'analyses et de dépouillement : un programme important leur sera dévolu dans les années à venir.

En ce qui concerne les accélérateurs à haute énergie, le C.E.A. poursuit l'exploitation et la modernisation de Saturne. Il étudie sous contrat de la D.G.R.S.T. le projet du grand accélérateur national prévu au V^e Plan et se tient prêt à participer à sa construction en collaboration avec les autres laboratoires intéressés.

Dans le contexte actuel de la politique française en matière de physique des hautes énergies, cet accélérateur national est considéré comme un complément indispensable à l'accélérateur européen de 300 GeV, objectif prioritaire à la construction duquel la France a décidé de participer, si ses partenaires se rallient à un tel projet.

Radio-isotopes et utilisation des rayonnements.

Le secteur des radio-éléments, dont le C. E. A. assure l'ensemble de la production et dont il est chargé de promouvoir les applications, est en plein développement. A titre d'exemple, la production des radio-éléments, qui se diversifie sans cesse, a crû de plus de 30 % en 1966. On escompte que, pour les cinq ans à venir, ce taux de croissance annuel devrait encore atteindre 20 % ; l'effort se portera en particulier sur la production de cobalt 60 pour sources à haute intensité, tandis que se poursuivra avec l'achèvement en 1968 du laboratoire en construction à La Hague le programme de production de césium 137 et de strontium 90, produits de fission à vie longue récupérés dans les stockages des usines de retraitement des combustibles irradiés. Les applications des radio-éléments, médicales, agronomiques, industrielles, éventuellement spatiales, sont déjà très nombreuses et leur coût les met à la portée des utilisateurs de tous les pays et notamment de ceux en voie de développement à qui elles peuvent apporter une aide unique dans certains domaines. En 1968, on poursuivra le programme d'études de générateurs isotopiques amorcé en 1967 en collaboration avec l'industrie. Dans le domaine de l'analyse par activation, le laboratoire Pierre-Sue commun au C. E. A. et au C. N. R. S. sera construit à Saclay auprès d'Osiris en 1968.

A Grenoble, un laboratoire est également en construction pour permettre le développement de cette technique dans les industries de la région lyonnaise. On envisage en 1968 d'agrandir le service

hospitalier Frédéric-Joliot à l'hôpital d'Orsay, dans la perspective d'un programme faisant davantage appel à des collaborateurs du corps médical.

Enfin, l'utilisation des rayonnements ionisants se développe en France sous l'égide du C. E. A. avec la collaboration étroite de l'industrie : la réalisation d'un centre d'application des rayonnements ionisants se poursuivra à Saclay.

3° AUTRES MISSIONS DU C. E. A.

Parmi les autres missions du C. E. A., votre Rapporteur retiendra plus particulièrement votre attention sur :

- la protection ;
- le dessalement des eaux salées ;
- et le problème des déchets radioactifs.

A. — *Protection.*

Dans le domaine de la protection sanitaire, un laboratoire spécialisé dans les recherches sur le métabolisme et la nocivité des radio-éléments sera mis en service à Fontenay-aux-Roses à la fin de 1967. Les études de radio-écologie continentale et marine continueront à La Hague et à Cadarache. La radio-écologie marine bénéficiera en 1968 de la mise en service d'un nouveau laboratoire à La Hague, qui permettra d'instaurer une collaboration de tous les spécialistes de l'océanographie intéressés par cette discipline.

B. — *Dessalement des eaux salées et saumâtres.*

Le C. E. A., sous l'égide d'une Commission présidée par le Ministre d'Etat chargé de la Recherche scientifique et des Questions atomiques et spatiales, a été chargé de l'établissement et de la mise en œuvre d'un programme d'études et de développement des procédés de dessalement de l'eau de mer. Ce programme, principalement basé sur la distillation, a été démarré en 1967 en collaboration avec les industries intéressées. Une station expérimentale est en cours d'équipement à Toulon, il s'agit de la transformation de la station d'essais des bouilleurs de la Marine. Des études de base d'autres techniques considérées comme prometteuses à plus longue échéance (électrodialyse, osmose inverse) sont également lancées pour permettre d'évaluer leur intérêt tant technique qu'économique.

Récemment, le Comité de dessalement a décidé :

- d'élaborer un programme d'études à moyen terme ;
- de procéder à des études de marché national et international ;
- de favoriser les regroupements industriels destinés à renforcer la position des firmes françaises sur les marchés internationaux.

C. — *Le problème des déchets radioactifs.*

Les principes généraux en ce domaine n'ont pas subi de changements notables par rapport à l'an dernier. Un souci constant d'amélioration a permis d'augmenter l'efficacité des procédés de décontamination, de rendre plus sûr le confinement des résidus radioactifs, et d'abaisser les prix de revient des traitements et des stockages.

Les études permettent d'améliorer ou d'étendre certaines techniques intéressantes à des résidus plus difficiles à traiter ou à conditionner.

Ainsi, le procédé d'enrobage dans du bitume — qui donne déjà d'excellents résultats, en marche industrielle, pour le conditionnement des boues radioactives provenant de traitements chimiques — est actuellement en cours d'adaptation au conditionnement des concentrats d'évaporation et de certains déchets de plus forte activité.

La politique suivie se propose, suivant le cas :

— soit de disperser les résidus (effluents gazeux et liquides) préalablement décontaminés, dans le milieu ambiant (atmosphère, réseau hydrologique, mer), cette dispersion s'effectuant à des niveaux d'activité compatibles avec les recommandations, les directives ou les règlements émanant des organismes compétents, et avec la situation particulière de chaque Centre.

— soit de contenir les éléments radioactifs par un conditionnement approprié (présentant une bonne résistance à la lixiviation), ou en les plaçant dans des formations géologiques où leur diffusion se trouvera très limitée, afin d'éviter qu'ils ne puissent arriver à l'homme, notamment par l'intermédiaire de la chaîne alimentaire.

Le Commissariat à l'Energie Atomique s'efforce de développer les connaissances relatives aux conditions de dispersion des radio-

éléments dans le milieu naturel : en particulier a été poursuivie l'étude des rejets des effluents liquides dans la mer et les eaux de surface.

Les effluents gazeux sont rejetés dans l'atmosphère après séparation des éléments radioactifs par filtration et piégeage. Afin d'augmenter le taux de décontamination des résidus gazeux, un effort particulier est fait pour améliorer le contrôle des appareils utilisés (filtres, pièges) aussi bien à leur réception avant mise en service, qu'en cours d'utilisation. D'autre part, l'adoption généralisée des filtres incombustibles rendra toutes les installations plus sûres.

Toujours dans ce domaine, des études en cours permettront d'améliorer la décontamination en iode radioactif qui, sous certaines formes chimiques, est difficile à éliminer.

Les effluents liquides de faible activité, constitués par les eaux décontaminées, continuent à être rejetés dans la plupart des cas dans le réseau fluvial ; ces rejets ont lieu dans le cadre d'une Convention générale sur les rejets radioactifs en rivière, passée avec le Ministère des Affaires sociales.

L'équipement des stations de traitement assurant la décontamination des effluents a été complété par la mise en exploitation régulière au Centre d'Etudes nucléaires de Fontenay-aux-Roses d'un évaporateur qui procure aux Centres de la région parisienne des moyens de décontamination plus efficaces.

Les études des rejets en mer qui intéressent plus particulièrement le centre de la La Hague ont permis de mettre au point les conditions de rejet pour le démarrage de ce centre, soumises à l'accord du Ministère des Affaires sociales.

Le centre de La Hague a, en effet, commencé de fonctionner et ses installations de traitement des combustibles irradiés ont produit une certaine quantité de déchets. Les résidus liquides, une fois traités, ont été rejetés en mer en tant qu'effluents.

Les conditions dans lesquelles ont été effectués ces rejets tiennent compte de la sécurité et de la sûreté définies par l'étude du milieu (étude de radioécologie marine).

D'une manière générale, tous les rejets dans le milieu naturel, dus aux centres nucléaires français, ne représentent actuellement qu'une fraction assez faible des quantités autorisées : dans le cas du centre de La Hague, l'ensemble des rejets, durant les six premiers mois, représentent 2 % environ de l'activité autorisée.

Les boues radioactives qui proviennent de la décontamination des liquides de faible et moyenne activité sont solidifiées dans le ciment ou sont enrobées dans le bitume. Ce dernier procédé vient d'être mis en service à l'échelle industrielle avec succès au centre de Marcoule : il confère une sûreté accrue dans le stockage de ces boues tout en permettant une diminution sensible des volumes à stocker.

Les effluents liquides de haute activité sont pour le moment stockés dans les centres nucléaires qui les produisent ; ils ne représentent heureusement que des volumes relativement faibles. Leur stockage est effectué dans des cuves (protégées contre la corrosion, l'échauffement, le dégagement de gaz de radiolyse) qui sont soumises à une surveillance très stricte. Pour l'avenir, on prévoit de substituer à ce stockage qui impose de lourdes sujétions, un stockage sous forme solide, plus sûr et plus commode. Dans ce domaine, les études en cours évoluent favorablement vers l'industrialisation de certains procédés, particulièrement ceux qui utilisent les techniques de vitrification. Un atelier-pilote de vitrification est en construction au centre de Marcoule.

Les déchets solides, comme par le passé, continuent à être stockés dans les centres nucléaires ou sur des terrains du C. E. A. Toutefois, le C. E. A. poursuit la création d'une société de Service qui prendrait en charge la plupart de ces déchets. Cette société en assurerait le stockage définitif et pour ce faire disposerait de parcs de stockage qui pourraient être utilisés par tous les usagers publics ou privés. Ces parcs seront naturellement créés en conformité avec les règlements en vigueur (loi de 1917 sur les établissements dangereux, insalubres ou incommodes ou décret du 11 décembre 1963 sur les installations nucléaires de base) et respecteront les impératifs de surveillance et de sécurité requis.

Un protocole a été signé entre le C. E. A. et une société privée pour la création de la Société de Service qui prend le nom de Infracome. Les premiers stockages pris en charge par Infracome devraient pouvoir commencer dans le courant de l'année 1968.

Il apparaît donc que les problèmes concernant les effluents radioactifs sont toujours traités en France avec un souci très poussé d'efficacité, sans oublier le point de vue économique, ce qui permet ainsi de développer les applications de l'énergie nucléaire dans les meilleures conditions et sans risque pour les travailleurs et la population civile.

V. — L'incidence de la construction de l'Europe sur le développement de l'énergie nucléaire.

1° LA POLITIQUE COMMUNE DE L'ÉNERGIE NUCLÉAIRE

Le Traité d'Euratom ne contenant pas de règles spécifiques sur la définition d'une politique commune de l'énergie nucléaire, mais seulement quelques dispositions éparses, soit d'ordre général (art. 2 du Traité) soit incluses dans des domaines particuliers d'application du Traité (recherche, par exemple), l'engagement des Gouvernements des Etats membres de définir une politique commune de l'énergie nucléaire est constitué essentiellement par le protocole sur la politique énergétique, signé en avril 1964 par les six gouvernements réunis au sein du Conseil spécial des Ministres de la C. E. C. A.

Ce protocole contient, comme on le sait, un paragraphe intitulé « énergie nucléaire » et libellé comme suit :

« En ce qui concerne l'énergie nucléaire, les Gouvernements sont disposés, dans le cadre et selon les modalités du Traité créant la C. E. C. A., à promouvoir et à intensifier l'action de recherche, d'expérimentation et d'aide au développement industriel nucléaire dans la Communauté, afin de permettre à cette nouvelle source d'énergie d'apporter, dès que possible, toute la contribution qu'elle pourra fournir, dans des conditions économiques, à la couverture des besoins en énergie dans la Communauté. »

Dans cette optique — et en ce qui concerne plus particulièrement la recherche — il convient de rappeler qu'en 1965 a été mis en place le Groupe de travail commun aux deux commissions et à la Haute Autorité (1) chargé d'étudier les problèmes de la recherche scientifique et technique, faites au sein des trois Communautés, et de définir les lignes d'orientation qui pourraient être à la base de l'élaboration d'une politique commune ou coordonnée de la recherche. Ces lignes d'orientation devaient inspirer l'action des deux Commissions et de la Haute Autorité et ultérieurement — c'est-à-dire après le 1^{er} juillet 1967, date

(1) Ces dernières avaient dénommé ce groupe « Groupe de travail interexécutif ».

d'entrée en vigueur du Traité relatif à la fusion des institutions — celle de la Commission unique. A cet effet, le groupe a suivi également les travaux du groupe de travail « politique de la recherche scientifique et technique » du Comité de politique économique à moyen terme (1), afin de contribuer à ses études et de présenter, le cas échéant, des suggestions.

Jusqu'à présent, l'occasion n'a été donnée ni aux instances du Conseil d'Euratom, ni à celles du Conseil des Communautés européennes, d'adopter une position en matière de politique commune de l'énergie nucléaire.

Le premier programme indicatif publié par la Commission d'Euratom en 1966 et portant, comme le précise l'article 40 du Traité, sur les objectifs de production d'énergie nucléaire ainsi que sur les investissements qu'implique leur réalisation, constitue donc, dans le cadre communautaire, le seul document de référence. Mais il convient de remarquer que ce programme n'est, conformément à l'article 40 précité, qu'une incitation, ne comportant aucune obligation tant à l'égard des Etats que des entreprises de la Communauté.

Enfin, il convient de noter que la nouvelle Commission — dite Commission des Communautés européennes — attache une importance particulière à la définition d'une politique commune de l'énergie et l'a fait figurer dans la liste des actions à mener en priorité.

2° POSITION DU GOUVERNEMENT FRANÇAIS VIS-A-VIS DE L'ACTIVITÉ D'EURATOM

Le Gouvernement français avait, comme on le sait, saisi l'Euratom en mai 1964 d'un memorandum exposant les préoccupations et les suggestions françaises au sujet de l'avenir de cet organisme.

Cet important document, présenté comme une contribution à la discussion générale prévue depuis les débats budgétaires d'octobre 1963, sur les « principes de la politique qu'Euratom devait suivre dans le domaine de la recherche », faisait ressortir les raisons pour lesquelles le moment était venu de réviser la politique de recherches techniques et de promotion industrielle. Parmi ces

(1) Ce groupe est composé, à l'inverse de l'ex « Groupe de travail interexécutif » de représentants des Etats membres.

raisons étaient mentionnées les discussions en cours en vue de l'élaboration d'une politique énergétique commune et les perspectives de fusion des trois communautés européennes.

Le memorandum de 1964 :

— exposait les critères et les objectifs d'une politique européenne de recherche technique et de promotion industrielle dans le domaine nucléaire en fonction des perspectives énergétiques et des impératifs économiques généraux de la Communauté ;

— soulignait l'urgence d'une action commune en vue de promouvoir une industrie européenne concentrée et puissante, *aussi peu dépendante que possible de techniques et de sources d'approvisionnement en combustibles extérieures à la Communauté*, et par conséquent en mesure d'aborder dans des conditions favorables la concurrence internationale ;

— définissait les rôles respectifs des programmes de recherches nationaux et communautaire, ce dernier devant conserver le caractère complémentaire conforme à l'esprit du Traité et être par conséquent centré sur quelques grandes actions prioritaires dépassant le cadre de celles qui peuvent être entreprises sur le plan national.

En déposant ce memorandum, le Gouvernement français avait voulu amorcer un large échange de vues entre les six Gouvernements et la Commission d'Euratom en vue de parvenir en temps utile à un accord sur les grandes lignes de la construction européenne dans le domaine nucléaire.

Les discussions et décisions qui en ont résulté se sont finalement avérées décevantes.

Certes dans le domaine de la recherche, le Gouvernement français a obtenu à deux reprises, en 1965 et 1967, que le programme fut restructuré de manière à concentrer l'effort de recherches communautaires sur les grands objectifs prioritaires suivants :

— étude de la filière des réacteurs nucléaires de type ORGEL (1), technique européenne originale dont la mise au point constitue l'activité essentielle du Centre commun de Recherches d'Ispra ;

— développement des réacteurs nucléaires à neutrons rapides dits surrégénérateurs poursuivi par la Communauté en association avec des organismes nationaux ;

(1) ORGEL pour ORGanique - Eau Lourde : réacteurs à uranium naturel, modérés à l'eau lourde et refroidis par liquide organique.

— recherches à long terme sur la fusion thermonucléaire contrôlée effectuées également en association avec les centres spécialisés des pays membres.

Mais cette réorientation a été périodiquement remise en cause par la Commission de l'Euratom et par certains *partenaires plus soucieux de voir la Communauté prendre le relais financier de leur programme national que de favoriser la mise en œuvre d'une politique commune de recherche*. Il est à déplorer en particulier que la tendance — si combattue par le Gouvernement français — à la dispersion des efforts et au saupoudrage des crédits se soit dans une trop forte mesure maintenue au détriment de l'efficacité et de l'intérêt général.

En définitive, les six Etats membres sont à des degrés divers peu satisfaits du bilan général d'un programme qui a été bâti non pas sur des objectifs communs, mais par addition des revendications des partenaires, chacun d'entre eux n'étant finalement que très partiellement intéressé par l'ensemble.

Pour ce qui concerne les aspects de politique industrielle, les partenaires de la France et la Commission de l'Euratom ont pratiquement éludé le problème. Si, dans ce domaine, les dispositions du Traité ont un caractère vague et seulement indicatif, le Gouvernement français n'en avait pas moins, dans son memorandum précité, regretté qu'après six ans d'existence, l'Euratom n'ait pas encore réellement abordé dans toute leur ampleur et leurs conséquences à long terme les problèmes d'expansion industrielle. De l'avis du Gouvernement, les choix communautaires devraient être fondés sur trois impératifs : la promotion du génie technique et de l'essor économique propres de l'industrie européenne ; la sécurité et la stabilité d'approvisionnement en uranium ; l'ouverture des marchés d'exportation.

Mais ces thèmes de réflexion et d'action n'ont trouvé que peu d'échos dans les autres pays membres. Leurs réticences, exprimées lors des discussions intervenues en 1964 et 1965, ont montré clairement que leur souci de s'en tenir à des impératifs économiques à court terme et surtout de ne pas réviser leur politique extérieure, l'emportait pour le moment sur la volonté de réaliser une véritable politique commune visant à doter l'Europe d'une industrie nucléaire propre, puissante et concurrentielle.

C'est donc l'ensemble du problème de la recherche et du développement industriel qui devra être repensé en fonction du bilan des années passées et des perspectives d'avenir.

La fusion des institutions européennes qui a été réalisée le 1^{er} juillet 1967 et doit être suivie d'une fusion des communautés, permettra peut-être de trouver une solution satisfaisante dans le cadre économique plus vaste du Marché commun.

Conclusion.

Les crédits prévus au budget des Services généraux du Premier Ministre au titre de l'énergie atomique s'élèvent à 2.040 millions de francs en autorisations de programme et à 2.080 millions de francs en crédits de paiement. Compte tenu des reliquats sur années antérieures et des ressources propres, les autorisations de programme atteignent 2.340 millions et les moyens de paiement 2.300. L'augmentation de ceux-ci n'est donc que de 1,1 % par rapport à l'année antérieure, ce qui traduit une légère baisse en francs constants en raison de la hausse des prix et des majorations de salaires.

Compte tenu des dotations transférées du budget des armées, le Commissariat à l'Energie Atomique a atteint un régime de quasi-stabilité en crédits de paiement avec, par contre, un accroissement de 10 % des autorisations de programme transférées du budget des armées (2.752 millions de francs en 1968 contre 2.326 en 1967).

Votre Commission des Affaires économiques et du Plan s'est plus particulièrement attachée aux conditions de production d'électricité d'origine nucléaire.

Il apparaît que la filière uranium naturel modérée au graphite et refroidie au gaz carbonique adoptée par Electricité de France pour toutes ses centrales nucléaires devient compétitive avec les centrales thermiques classiques. Tout laisse penser, en effet, que Saint-Laurent-des-Eaux II, qui doit être mise en service en 1970, produira de l'électricité à un prix égal sinon inférieur à celui des centrales thermiques les plus modernes.

Mais se pose, cependant, la question de savoir si d'autres filières, notamment la filière à uranium enrichi, n'aboutissent pas actuellement à de meilleurs résultats. Le choix de cette filière poserait un double problème d'approvisionnement en uranium enrichi (achat aux Etats-Unis, développement de l'usine basse de Pierrelatte, construction d'une usine européenne de séparation isotopique) et des conditions dans lesquelles serait construit le réacteur.

Se bornerait-on à faire travailler l'industrie française sous licence américaine,? Envisagerait-on, au contraire, de mettre au point en France une filière originale de centrale à uranium enrichi et eau légère? On mesure à ces simples questions combien ces choix sont lourds de conséquences en ce qui concerne l'indépendance nationale.

Votre Commission des Affaires économiques et du Plan demande donc au Gouvernement d'informer le Sénat des conclusions auxquelles il est d'ores et déjà arrivé et des orientations qu'il compte donner, dans l'avenir, à la production d'énergie électrique française d'origine nucléaire.

Mais, au-delà du proche avenir, l'horizon 1980 impose la poursuite du programme d'étude des réacteurs surrégénérateurs à neutrons rapides, filière qui laisse entrevoir des perspectives économiques très favorables, mais permettra aussi l'utilisation la plus complète possible des ressources du globe en matières fissiles. Avec « Rapsodie », la France dispose en la matière d'un réacteur expérimental qui doit lui permettre de faire avancer l'étude de cette filière et de réaliser ensuite le réacteur Phénix de 250 MWe.

Votre Commission ne saurait trop encourager le Commissariat à l'énergie atomique à poursuivre activement la réalisation de ses projets dans ce domaine.

Enfin, votre Commission des Affaires économiques et du Plan souhaite que la fusion des institutions européennes réalisée le 1^{er} juillet 1967, permette de mettre en œuvre une politique commune de l'énergie nucléaire qui assure à l'Europe un approvisionnement en électricité au moindre coût dans les meilleures conditions de sécurité et d'indépendance.

Sous réserve de ces observations, votre Commission donne un avis favorable aux crédits du budget des Services généraux du Premier Ministre concernant l'énergie atomique.